

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA AUTOMATIZAR EL
PROCESO DE SOLDADURA TIG PERIMETRAL PARA LOS CASQUETES
DE RADIADORES REFRIGERANTES DE LOS TRANSFORMADORES DE
LA FÁBRICA RVR**

AUTORES:

**KLEBER DAVID ALOMOTO CHICAIZA
ROBERTO SANTIAGO CARRERA GUALOTO**

DIRECTOR:

HOMERO YANCHAPAXI A.

Quito, abril de 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros Kleber David Alomoto Chicaiza y Roberto Santiago Carrera Gualoto autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Kleber David AlomotoChicaiza

1715001440

Roberto Santiago Carrera Gualoto

1712794112

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido realizado en su totalidad por los señores: Kleber David Alomoto Chicaiza y Roberto Santiago Carrera Gualoto

Los conceptos, análisis, cálculos realizados y conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

Atentamente:

Ing. Homero Yanchapaxi A.

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

A las personas que más amo en el mundo y son la inspiración en todas mis actividades, mi esposa Lorena, mis hijos Matias y Danna, por su paciencia y comprensión, por enseñarme día a día a ser una mejor persona y mejor padre, por su amor puro y leal, por ser mi complemento perfecto.

A mis padres Isabel y Mario que con su esfuerzo, sacrificio, ejemplo de perseverancia y sobre todo su apoyo encaminaron mi formación personal y profesional.

A mis hermanos Armando, Valeria y Marlon, por su cariño, amistad, aliento y toda su confianza.

Kleber.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a DIOS mi fuente de energía constante, de manera muy especial a mi hermana Angélica que estuvo incondicionalmente a mi lado en las buenas y en las malas siendo un pilar muy importante en mi vida, a mis padres Elena y Aníbal que con su gran educación en valores me permitieron escalar los peldaños de mi carrera de la mejor manera y por su gran apoyo, a mis hermanas Mónica y Daniela por haber estado a mi lado, a ti Jessika que en este corto tiempo has sabido entenderme y apoyarme constantemente y a las personas que en su momento dedicaron su tiempo a alentarme cada día a continuar y no desmayar en cumplir este mi gran sueño

Roberto.

AGRADECIMIENTO

A los docentes, de la Universidad Politécnica Salesiana, que a lo largo de nuestra etapa universitaria, nos impartieron sus conocimientos en nuestro desarrollo profesional, en especial al Ing. Homero Yanchapaxi por su guía acertada en la realización del presente trabajo.

Kleber y Roberto

SÍMBOLOGIA

T = Torque

ω = Velocidad angular (rad/seg)

V_s : Velocidad lineal de soldadura horizontal y vertical

L_t : Longitud total (perímetro de charola)

t_{sol} : Tiempo de soldadura

L_c : Longitud del borde curvo

R : Radio giro de la torcha

L_{10} : Vida útil (revoluciones)

C_a : Coeficiente de carga dinámica básica

F_m : Carga media constante (N)

$\mu = 0,0065$ para SH

$\mu = 0,006$ para SD, SX, SL, SN, SND, BD, BX, BN, BL, PN, PND

d_0 = Diámetro nominal del eje del husillo

M_a = Par necesario (Nm)

F = Carga máxima del ciclo (N)

Ph = Paso de la rosca (mm.)

d_2 = Diámetro del fondo de la rosca (mm)

l = Longitud, o distancia

$f_1 = 0,9$ ●●—— fijo, libre

3,8 ●●——● fijo, con soporte

5,6 ●●——●● fijo

n = Revoluciones por minuto

Pot = Potencia

E = Módulo de elasticidad.

P = Fuerza.

I = Momento de inercia

y_{max} = Deflexión.

D = Diámetro.

M_{max} = Momento máximo.

V = Fuerza cortante.

R = Reacción.

n_E = Factor de seguridad (Euler; máquinas pequeñas: 6-8)

σ_c = Esfuerzo de compresión.

A = Área.

λ = Relación de esbeltez.

σ_p = Esfuerzo efectivo por pandeo.

P_{cr} = Fuerza crítica.

d = Diámetro .

GLOSARIO

Aceite dieléctrico. Es un aceite mineral altamente refinado que es estable a altas temperaturas y tiene excelentes propiedades de aislamiento eléctrico.

Aleación. Es una combinación, de propiedades metálicas, que está compuesta de dos o mas elementos, de los cuales, al menos uno es un metal.

Automata programable. Es un equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y ambiente industrial, procesos secuenciales.

Booleano. Es en computación aquel que puede representar valores de lógica binaria, esto es 2 valores, valores que normalmente representan falso o verdadero.

Bus de campo. Es un sistema de transmisión de información que simplifica la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

Coalescencia. Es la posibilidad de que dos o más materiales se unan en un único cuerpo.

Ductilidad. Es la capacidad de un material para deformarse sin llegar a la rotura.

Dureza. Es la oposición que presenta un material a ser rayado o penetrado por otros.

Eficiencia teórica directa. Es la capacidad del eje del motor para vencer la inercia del husillo para transformar el movimiento rotacional en lineal.

Esquema grafcet. Es un modelo de representación gráfica, de los sucesivos comportamientos de un sistema lógico, predefinido por sus entradas y salidas.

Husillo de bolas. Se trata de un actuador lineal mecánico que convierte el movimiento de rotación en movimiento lineal.

Label. Etiqueta

Lenguaje ladder. También denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

Martensita. Es la fase cristalina BCC (cúbica centrada en el cuerpo) en aleaciones ferrosas se genera a partir de una transformación de fases sin difusión.

Potencia. Es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo.

Revenido. Es un tratamiento térmico a un material con el fin de variar su dureza y cambiar su resistencia mecánica.

Recocido. Es un tratamiento térmico cuya finalidad es el ablandamiento, la recuperación de la estructura o la eliminación de tensiones internas.

Resonancia. Es el término usado para definir el efecto que ocurre cuando los motores paso a paso rotan a su frecuencia de oscilación natural, puede producir una pérdida de sincronismo e incluso que el motor se detenga.

Soldeo. Acción de soldar

Sinterización. Tratamiento térmico de un polvo o compactado metálico o cerámico a una temperatura inferior a la de fusión, creando enlaces fuertes entre las partículas.

Tensión. Esta es la resistencia interna que ofrece un material a deformarse.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
MARCO TEÓRICO	2
1.1. Introducción a la soldadura.....	2
1.2. Soldadura	2
1.2.1. Proceso de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno (GTAW).....	4
1.2.2. Equipos de soldadura GTAW	4
1.2.2.1. Electrodo no consumible (Tungsteno).	5
1.2.2.1.1. Tipos de tungsteno	6
1.2.2.1.1.1. Tungsteno Puro (EWP).	7
1.2.2.1.1.2. Tungsteno con torio (EWTh-1) y (EWTh-2).	7
1.2.2.1.1.3. Tungsteno de circonio (EWZr).	7
1.2.2.1.1.4. Tungsteno de cerio (EWCe-2).	8
1.2.2.1.1.5. Tungsteno de litio (EWLA-1).	8
1.2.2.2. Antorchas	8
1.2.2.2.1. Componentes de la antorcha.	9
1.2.2.2.1.1. Mordaza (collet) y porta mordaza (collet body).	9
1.2.2.2.1.2. Copas Cerámicas / boquillas (nozzles).	9
1.2.2.2.1.3. Difusor de gas (gas lens).	10
1.2.2.3. Gases protectores.	10
1.2.2.4. Tipos de corriente eléctrica.	11
1.2.3. Ventajas del sistema TIG.....	13
1.2.4. Desventajas del sistema TIG.	13
1.2.5. Beneficios.	13
1.2.6. Aplicaciones.	14
1.3. Soldabilidad de los materiales.	14
1.3.1. Clasificación de los aceros soldables.....	15
1.3.1.1. Aceros de bajo contenido de carbono (entre 0.15 y 0.3%).	15
1.3.1.2. Aceros de medio contenido en carbono (entre 0.3 y 0.5 %).	15
1.3.1.3. Aceros con alto contenido en carbono (entre 0.5 y 0.9 %)	16
1.4. Charolas	16
1.4.1. Conformado.	17
1.4.2. Uso.....	18
1.5. Automatización industrial.....	19
1.5.1. Objetivos de la automatización.....	20

1.5.2. Componentes de una instalación automatizada.	20
1.5.2.1. Parte operativa.	20
1.5.2.1.1. Accionadores.	21
1.5.2.1.1.1. Motores paso a paso.	22
1.5.2.1.1.2. Tipos.	22
1.5.2.1.1.3. Ventajas.	23
1.5.2.1.1.4. Desventajas.	23
1.5.2.1.1.5. Aplicaciones.	23
1.5.2.1.2 Pre-accionadores.	23
1.5.2.1.3. Captadores.	23
1.5.2.2. Parte de mando.	24
1.5.2.2.1. Autómatas programables (PLC).	25
CAPÍTULO II	29
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	29
2.1. Evaluación de las alternativas.	29
2.1.1. Costo de fabricación.	29
2.1.2. Seguridad.	29
2.1.3. Operación.	29
2.2. Valoración numérica.	30
2.3. Factor de ponderación.	30
2.4. Selección de la alternativa del sistema de translación vertical y horizontal de la antorcha.	31
2.4.1. Alternativa A: translación vertical y horizontal de la antorcha por husillo de bolas.	31
2.4.1.1. Ventajas.	32
2.4.1.2. Desventajas.	32
2.4.2. Alternativa B: translación vertical y horizontal de la antorcha por cremallera.	32
2.4.2.1. Ventajas.	33
2.4.2.2. Desventajas.	33
2.4.3. Evaluación de las alternativas.	33
2.4.4. Selección de la alternativa del sistema de translación vertical y horizontal de la antorcha.	33
2.5. Alternativas del sistema de giro de la antorcha.	34
2.5.1. Alternativa A: giro de la antorcha por medio de motorreductores.	34
2.5.1.1. Ventajas.	34
2.5.1.2. Desventajas.	34
2.5.2. Alternativa B: giro de la antorcha por medio de motores paso a paso.	34
2.5.2.1. Ventajas.	34

2.5.2.2.	Desventajas.	35
2.5.3.	Evaluación de las alternativas.	35
2.5.4.	Selección de la alternativa del sistema de giro de la antorcha.	35
CAPÍTULO III		36
DISEÑO DEL EQUIPO		36
3.1.	Diseño de los elementos del equipo.	36
3.1.1.	Bocín de sujeción.	37
3.1.1.1.	Análisis cinemático del bocín de sujeción.	38
3.1.2.	Selección de motor 1 (giro)	41
3.1.3.	Selección del husillo de bolas horizontal.	42
3.1.4.	Selección del husillo de bolas vertical.	51
3.1.4.1.	Coefficiente de carga dinámica.	52
3.1.4.2.	Cálculo del pandeo del husillo vertical	53
3.1.5.	Dimensionamiento de motor desplazamiento horizontal	54
3.1.5.1.	Selección motor desplazamiento horizontal.	55
3.1.6.	Dimensionamiento de motor desplazamiento vertical.	56
3.1.6.1.	Selección motor desplazamiento vertical	56
3.1.7.	Diseño soportes mesa	57
3.1.8.	Diseño soporte laterales.	58
Las placas laterales sirven de soporte tanto de las guías, el motor y el husillo horizontal, a continuación se justifica el espesor de las placa demostrando que los momentos que soporta no la hará flexionar.		58
3.2.	Diseño sistema de automatización.	59
3.2.1.	Selección de los elementos del equipo.	59
3.2.1.1.	Motor 1 (giro).	59
3.2.1.2.	Motor 2 (desplazamiento vertical)	60
3.2.1.3.	Motor 3 (desplazamiento horizontal)	60
3.2.1.4.	Plc.	60
3.3.	Diseño de sistema de control	60
3.3.1.	Secuencia del esquema de control	62
3.4.	Descripción del proceso de ensamble de las charolas con la soldadura automatizada	63
3.5.	Resultados de ensayos realizados	69
3.6.	Instructivo de operación.	70
3.6.1.	Objeto.	70
3.6.2.	Comprobación visual de la máquina	70
3.6.3.	Operación.	71
CAPÍTULO IV		73

CÁLCULO DE COSTOS	73
4.1. Costos de mano de obra.....	73
4.2. Costos de materiales e insumos	74
4.3. Costos de fabricación.....	75
CONCLUSIONES.....	76
RECOMENDACIONES.....	77
LISTA DE REFERENCIAS	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Equipo soldadura GTWA	5
Figura 1. 2 Tipos de boquillas.....	9
Figura 1. 3 Tipos de corrientes.....	11
Figura 1. 4 Diagrama de flujo conformado del casquete	17
Figura 1. 5 Accionadores eléctricos	22
Figura 2. 1 Sistemas de movimientos de la torcha.....	31
Figura 2. 2 Husillo de bolas	31
Figura 2. 3 Cremallera.....	32
Figura 3. 1 Conjunto suelda TIG	36
Figura 3. 2 Bocín de sujeción.....	37
Figura 3. 3 Torcha	37
Figura 3. 4 Dimensiones de la charola	38
Figura 3. 5 Esquema de fuerzas que actúan sobre el motor	39
Figura 3. 6 Bocín de sujeción.....	40
Figura 3. 7 Carrito 1	42
Figura 3. 8 Guía 1	43
Figura 3. 9 Eje guía vertical	44
Figura 3. 10 Guía 2	45
Figura 3. 11 Ejes guías horizontales	46
Figura 3. 12 Diagrama cuerpo libre husillo horizontal	50
Figura 3. 13 Diagrama de cortante	50
Figura 3. 14 Diagrama de momentos	51
Figura 3. 15 Diagrama fuerzas husillo vertical	53
Figura 3. 16 Diagrama de fuerzas viga con apoyos fijos	57
Figura 3. 17 Esquema de fuerzas placa lateral	58
Figura 3. 18 Sistema equivalente fuerzas.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Tipos e identificaciones de electrodos de tungsteno	7
Tabla 1. 2 Tamaños recomendados de boquillas según diámetro del electrodo	10
Tabla 1. 3 Tipos de gas protector según su aplicación.....	11
Tabla 1. 4 Calidad de soldadura según corriente utilizada	12
Tabla 1. 5 Propiedades mecánicas del acero ASTM36.....	16
Tabla 1. 6 Tiempos requeridos en proceso manual.....	18
Tabla 2. 1 Valoración según complejidad.....	30
Tabla 2. 2 Valoración de alternativas del sistema de translación de la antorcha	33
Tabla 2. 3 Valoración de alternativas del sistema de giro de la torcha	35
Tabla 3. 1 Componentes conjunto suelda TIG.....	37
Tabla 3. 2 Datos principales de motor de giro	42
Tabla 3. 3 Masa del equipo	47
Tabla 3. 4 Características husillo de bolas SX/BX	49
Tabla 3. 5 Materiales del husillo	49
Tabla 3. 6 Masa carrito guía 1	51
Tabla 3. 7 Especificaciones husillos de bolas serie SD/BD.....	52
Tabla 3. 8 Ficha datos motor desplazamiento horizontal.....	55
Tabla 3. 9 Ficha datos motor desplazamiento vertical	57
Tabla 3. 10 Esquema de control	61
Tabla 3. 11 Resultados de ensayos.....	69
Tabla 3. 12 Tabla de tiempos luego de la implementación de la máquina	69
Tabla 4. 1 Costos de mano de obra	73
Tabla 4. 2 Costos insumos y materiales	74
Tabla 4. 3 Costos de fabricación	75

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 FÓRMULAS DE HUSILLOS	799
ANEXO 2 ESPECIFICACIONES HUSILLOS DE BOLAS	83
ANEXO 3 PLANOS	888

RESUMEN

El documento hace referencia al diseño y construcción de un equipo para automatizar el proceso de soldadura TIG perimetral para los casquetes de radiadores refrigerantes de los transformadores de la fábrica RVR.

El capítulo 1 contiene los conceptos básicos del equipo de soldadura que se automatizará, el proceso de manufactura de las charolas a unir y los conceptos de los componentes necesarios para la automatización.

En el capítulo 2 se realiza la selección de las alternativas más idóneas, basandose en los parámetros de costos de fabricación, seguridad y operación, para lograr el desplazamiento de la torcha.

El capítulo 3 detalla el diseño y construcción de la estructura, que implicó disponer rieles de translación vertical y horizontal, por donde, con la ayuda de husillos de bolas, la antorcha de la suelda TIG recorre el perímetro soldando las charolas.

El capítulo 4 abarca el análisis de costos de fabricación tanto en mano de obra, materiales e insumos, que se presentaron en la elaboración de la máquina.

Adicionalmente se elaboró un manual de operación que permite al operador verificar la funcionalidad de cada elemento que conforma el equipo.

ABSTRACT

The document refers to the design and construction of equipment to automate the TIG welding process perimeter for cooling radiators caps transformers of the RVR factory.

Chapter 1 contains the basic concepts of welding equipment that will be automated, the process from manufacture of the trayst to weld and the concepts of the components necessary for the automation.

In chapter 2 the selection of best alternative is performed, being based on the parameters of costs of manufacture, safety and operation, to achieve the displacement of the torch.

Chapter 3 describes the design and construction of the structure , which involved rails have vertical and horizontal translation, where, with the help of ball screws, the TIG welding torch runs around the perimeter welded trays.

Chapter 4 covers the manufacturing cost analysis both in manpower , materials and supplies , which were presented in the preparation of the machine.

Additionally, a manual operation that allows the operator to verify the functionality of each element that makes up the team was prepared.

.

INTRODUCCIÓN

La empresa RVR, ensambla todos los componentes que conforman sus transformadores, incluso algunos de estos elementos son fabricados en la misma planta, como es el caso de los paneles de refrigeración, uniendo charolas de tol de 1,1 mm de espesor, lo que en la actualidad se lo realiza de forma manual, para formar el casquete por donde circulará el aceite dieléctrico para su enfriamiento.

Para mejorar el procedimiento manual se realizará el diseño y construcción de un equipo para automatizar el proceso de soldadura TIG perimetral para los casquetes de radiadores refrigerantes de los transformadores, unificando los conocimientos adquiridos tanto en diseño mecánico, como en fundamentos de automatización, para incluir en la sección de metal mecánica de la empresa, obteniendo resultados similares a los de un técnico calificado, de manera autónoma y confiable, ahorrando tiempo y optimizando la producción.

Los principales objetivos del presente trabajo son:

- Establecer la estructura adecuada para realizar el ensamblado de los paneles de radiador refrigerantes con la mínima participación de la mano del hombre.
- Reducir los tiempos que actualmente se requiere para ensamblar el panel de forma manual.
- Seleccionar un software que permita operar la máquina de manera autónoma

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Introducción a la soldadura

En la edad de bronce y el hierro se empezó a solucionar problemas de fundir, formar y alear metales, pero la soldadura de superficies metálicas fue uno de los problemas limitantes para los trabajadores de este periodo, para solucionar este problema se procedió a trabajar con la fundición del material y formar moldes de arena sobre las piezas a soldar y derramar la colada sobre estos moldes de manera que ambas piezas se fundían juntas formando una sola pieza, otro método era posicionar dos piezas juntas y verter sobre ellas material fundido dejando enfriar y así unir las.

Existió después de la revolución industrial (1750 a 1850) nuevos procesos de unión de materiales por ejemplo la soldadura por forja o soldadura con martillo, con el correr del tiempo Elihu Thomson (1886) descubrió la técnica de soldadura por resistencia llegando a ser un método más fiable para unir materiales metálicos.

Con el desarrollo de las técnicas apareció la soldadura de fusión para la reparación de barcos de la primera guerra mundial tiempo en el cual se consideraba a la soldadura como proceso vital para la seguridad militar, desde este tiempo a nuestros días se ha venido desarrollando nuevas técnicas y procedimientos dando paso a una expansión a la industria de la soldadura convirtiendo el proceso de soldadura un método fiable, eficiente y económico para unir dos piezas metálicas.

A continuación se detalla de manera breve en que consiste un proceso de soldadura así como el método idóneo para automatizar.

1.2. Soldadura

La American Welding Society AWS (Sociedad Americana de Soldadura por sus siglas en inglés), define a una soldadura como una coalescencia localizada (la fusión o unión de la estructura de granos de los materiales que se están soldando), de metales o no metales producida mediante el calentamiento de los materiales a las temperaturas de soldadura requeridas, con o sin aplicación de presión, o mediante la aplicación de presión sola y con o sin el uso de material de aportación.

Las técnicas de soldadura modernas se emplean en la construcción de numerosos productos como barcos, edificios, puentes y aparatos recreativos, también se utiliza con frecuencia para producir las máquinas que sirven para fabricar productos

nuevos, las múltiples necesidades ha permitido que con el tiempo el número de proceso haya aumentado, diferenciándose entre estos principalmente en el modo en que se aplica el calor , la presión, o ambas cosas y en el tipo de equipo utilizado.

Los procesos más usados son:

- Soldadura con oxiacetileno (OAW).
- Soldadura por arco metálico protegido (SMAW) o más conocida como soldadura por electrodo revestido.
- Soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno (GTAW) más conocida en el medio como TIG
- Soldadura por arco bajo gas protector metálico (GMAW).
- Soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW) y
- Soldadura fuerte con soplete (TB).

La selección del proceso de unión para un trabajo en particular depende de muchos factores, no existe regla específica que controle la elección para un trabajo determinado, sin embargo los factores que se debe considerar a la hora de la elección son:

- Repetición de la operación.
- Requisitos de calidad.
- Ubicación del trabajo.
- Materiales que se van a unir.
- Habilidad o experiencia de los trabajadores
- Aspecto del producto terminado.
- Costo de los materiales.
- Espesor de las partes que se van a unir.
- Especificaciones.
- Tiempo disponible para el trabajo.

Tomando en cuenta que para el presente trabajo los factores más relevantes son la calidad, el material a unir y el espesor de la plancha, el proceso GTAW o TIG es el que satisface las necesidades que se requieren en el proceso de unión de las placas de los casquetes de paneles radiadores.

1.2.1. Proceso de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno (GTAW).

Este tipo de proceso de soldadura es utilizada para unir casi todos los tipos y espesores de metal, tomando en cuenta que la velocidad de avance más lenta y el alto costo son los usuales limitantes de este proceso.

El proceso de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno (GTAW), Heliarc (término utilizado ya que el helio fue el primer gas utilizado para este proceso) o comumente denominado TIG (abreviación de soldadura de gas inerte de tungsteno en inglés), es un sistema de soldadura al arco con protección gaseosa, desarrollado a finales de los años treinta por la industria aeronáutica para soldar magnesio, a finales de los años cuarenta era el único proceso aceptable para soldar metales reactivos como el aluminio, titanio y algunos grados de acero inoxidable.

Para utilizar este proceso, se procede a crear un arco entre un electrodo de tungsteno y la pieza. Bajo estas condiciones de soldadura y dada la elevada resistencia a la temperatura del tungsteno (4000°C), acompañada de la protección del gas, la punta del electrodo apenas se desgasta tras un uso prolongado, no se derrite aunque en el trabajo sí lo hace en el punto donde el arco impacta con su superficie y produce un baño de fusión de soldadura.

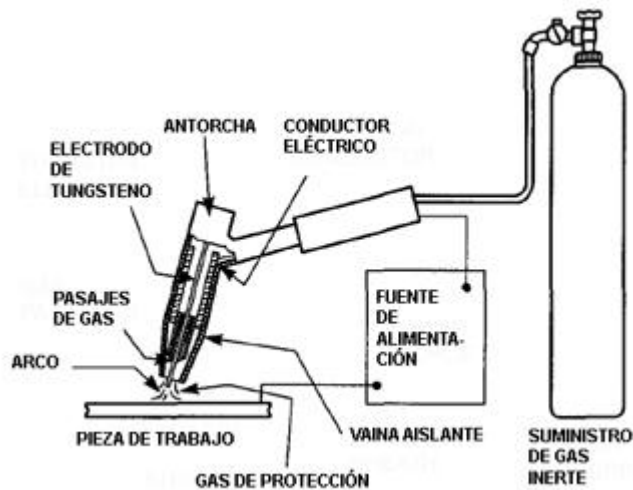
Ya que el tungsteno caliente es sensible al oxígeno, se requiere una buena protección gaseosa con gases libres de oxígeno, características que proporciona el mismo gas inerte.

Las soldaduras producidas con este proceso son sanas, libres de contaminantes y escorias y tan resistentes a la corrosión como el metal de origen debido a que no se utilizan fundentes, que lo convierte en el proceso adecuado para la fabricación de los paneles.

1.2.2. Equipos de soldadura GTAW

En la figura 1.1 se observa un esquema de los diferentes elementos que forman parte de un equipo de soldadura GTAW, de los cuales se explicará sus características y funciones dentro del proceso.

Figura 1. 1 Equipo soldadura GTWA



Fuente: Tecnoficio, 2013, p.4

1.2.2.1. Electrodo no consumible (Tungsteno).

El tungsteno, de símbolo atómico W, se obtiene principalmente reduciendo su trióxido con hidrógeno, obteniendo un polvo de tungsteno purificado al 99,95% el cual se comprime y se sinteriza formando un lingote que se lo calentará para aumentar su ductilidad para luego forjarlo y trefilarlo produciendo electrodos en tamaños que varían desde 0,01 a 0,25 pulgadas (0,25 mm a 6 mm) con las siguientes propiedades: (Jeffus, 2009, p.341)

- Resistencia a la alta tensión: 500.000 libras/pulgada² (3447 kg/mm²).
- Dureza, Rockwell C45
- Temperatura alta de fundición: 6.170°F (3.710°C).
- Temperatura alta de ebullición: 10.700°F o 5.926°C.
- Buena conductividad eléctrica.

La alta temperatura de fundición y la conductividad eléctrica buena, hacen del tungsteno la mejor elección para un electrodo no consumible, a pesar de que la temperatura del arco (11.000°F / 6.093°C) es mucha más alta que la temperatura de fundición no alcanza la temperatura de ebullición (10.600°F / 5.871°C), la propiedad conductiva permite que el calor del arco sea conducido desde el extremo del electrodo hacia fuera tan rápido que no alcanza su temperatura de fundición.

Para mantener un arco balanceado es deseable mantener una temperatura lo más alta posible en la punta del electrodo, debido a que los electrones son emitidos más

libremente desde un tungsteno caliente, esto requiere de la coordinación del soplete y del electrodo.

Debido al intenso calor del arco se producirá algo de erosión o pérdida del electrodo, este metal erosionado se transfiere por el arco ocasionando una cantidad limitada pero aceptable de inclusiones de tungsteno en la soldadura, los cuales son puntos duros que causan la concentración de tensiones que pueden resultar posibles fallos, para ello existen códigos y estándares que indican el tamaño y la cantidad de inclusiones que son permisibles en diferentes tipos de soldadura, aunque la erosión no se puede eliminar completamente, se puede controlar siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Tener buen contacto mecánico y eléctrico entre el electrodo y el portaherramientas.
- Utilizar una corriente tan baja como sea posible .
- Utilizar un soplete de enfriamiento por agua.
- Utilizar un tamaño de tungsteno tan grande como sea posible.
- Utilizar una extensión de electrodo tan corta como sea posible desde el portaherramientas.
- Utilizar el electrodo y la forma apropiada, y
- Utilizar un eletrodo de tungsteno aleado.

1.2.2.1.1. Tipos de tungsteno

Las propiedades del tungsteno en estado puro lo convierten en un electrodo no consumible excelente para el proceso de soldadura GTAW, dichas propiedades pueden ser mejoradas al alearlas con cerio, lantano, torio o circonio, dependiendo del porcentaje de aleación los electrodos de tugsteno obteniendo los tipos que se muestran en la tabla 1.1.

Tabla 1. 1 Tipos e identificaciones de electrodos de tungsteno

CLASIFICACIÓN AWS	COMPOSICIÓN DEL TUNGSTENO	COLOR DE LA PUNTA
EWP	Tungsteno puro	Verde
EWTh-1	1% de torio añadido	Amarillo
EWTh-2	2% de torio añadido	Rojo
EWZr	¼% a ½ de circonio añadido	Marrón
EWCe-2	2% de cerio añadido	Naranja
EWL-1	1% de lantano añadido	Negro
EWG	Aleación no especificada	No especificado

Fuente: Jeffus, 2009, p. 350

1.2.2.1.1.1. Tungsteno Puro (EWP).

Posee las características de resistencia al calor y su emisividad de electrones más baja lo que limita su utilización con metales de soldadura con corriente continua (CA) por ejemplo el aluminio y el magnesio.

1.2.2.1.1.2. Tungsteno con torio (EWTh-1) y (EWTh-2).

Cuando se realiza aleación con óxido de torio (ThO_2) en porcentajes mayores al 0,6% al tungsteno, este mejora su capacidad de transmitir corriente. Pero si la adición de óxido de torio es del 1 al 2% no aumenta esta capacidad pero si ayuda en la emisión de electrodos.

Esta aleación de tungsteno toriado no funciona correctamente con corriente continua de electrodo negativo (DCEN).

1.2.2.1.1.3. Tungsteno de circonio (EWZr).

Aleando al tungsteno con óxido de circonio (ZrO_2) mejora la emisividad de electrones y también tiene las mismas características que la aleación con torio pero en un grado menor y se puede utilizar esta aleación con corrientes alterna y continua, CA y CC, a pesar de que este material se derrite con más facilidad que la aleación con torio. Debido a que en este electrodo se puede obtener una punta redondeada es el electrodo que normalmente se elige para trabajar en aluminio y magnesio, y tienen la ventaja sobre el tungsteno de torio de que estos no son radiactivos.

1.2.2.1.1.4. Tungsteno de cerio (EWCe-2).

El óxido de cerio (CeO_2) se añade al tungsteno para mejorar la capacidad de llevar corriente de la misma manera que lo hace el torio, a diferencia de estos los electrodos de óxido de cerio no poseen material radiactivo, proporcionan una vida más larga que la mayoría de otros electrodos, se los puede utilizar para corrientes de soldadura alterna y continua, CA y CC.

1.2.2.1.1.5. Tungsteno de litio (EWLA-1).

Posen alrededor del 1% de concentración de óxido de lantano (La_2O_3), estos electrodos no son radiactivos poseen características de llevar corrientes similares a la de los tungstenos de torio con un voltaje de arco levemente más altos que los de torio y cerio.

En virtud de lo expuesto se ha considerado que por el tipo de trabajo que se llevará a cabo para la unión de los paneles, el electrodo que se utilizará será un electrodo EWTh-2 (WT332X7) es decir $\varnothing 3/32 \times 7''$ de largo

1.2.2.2. Antorchas

Las antorchas sostienen el electrodo de tungsteno que transporta la corriente de soldadura y conduce el gas protector a la zona de junta, la elección de una antorcha se basa en la corriente que pueda transportar sin recalentarse. La mayoría permite manejar electrodos de distintos tamaños para un intervalo dado de boquillas

En función de la corriente máxima de trabajo podrán ser refrigerados con agua o con aire, estas últimas eliminan el calor por medio del gas de protección. Las antorchas refrigeradas por aire están limitadas a una corriente máxima de soldadura de 200 Amperios, mientras que las enfriadas por agua pueden llegar a utilizarse corrientes entre 300 y 500 Amperios.

Para el estudio y considerando que el trabajo a realizar no supera los 200 Amperios requerido de la suelda, el enfriamiento de la antorcha se realizara con aire.

1.2.2.2.1. Componentes de la antorcha.

1.2.2.2.1.1. Mordaza (collet) y porta mordaza (collet body).

Asegura el electrodo de tungsteno a la antorcha, para una apropiada transferencia de corriente es importante un buen contacto entre el electrodo y el diámetro interno de la mordaza.

1.2.2.2.1.2. Copas Cerámicas / boquillas (nozzles).

Las boquillas son las encargadas de dirigir el gas protector hacia la zona de soldadura, se colocan en la cabeza de la antorcha, deben ser suficientemente grandes para proveer la protección del charco de soldadura y la superficie del metal base, existe un balance delicado entre el diámetro de la boquilla y el flujo del gas.

La elección de la boquilla depende del diámetro del electrodo (tabla 1.2), el tipo de junta, el área que será protegida y el acceso a la junta, los diferentes tipos de boquillas se muestran en la figura 1.2.

Figura 1. 2 Tipos de boquillas



Fuente: River-weld, 2008, p. 1

Tabla 1. 2 Tamaños recomendados de boquillas según diámetro del electrodo

DIÁMETRO DEL ELECTRODO DE TUNGSTENO		DIÁMETRO DEL ORIFICIO DE LA BOQUILLA	
Pulgadas	(mm)	Pulgadas	(mm)
1/16	(2)	1/4 a 3/8	(6 a 10)
3/32	(2,4)	3/8 a 7/8	(10 a 11)
1/8	(3)	7/16 a 1/2	(11 a 13)
3/16	(4,8)	1/2 a 3/4	(13 a 19)

Fuente: Jeffus, 2009, p. 357

Tomando en cuenta que el electrodo a utilizar es un EWTh-2 (WT332X7) es decir Ø 3/32 x 7" de largo, se utilizará una boquilla de orificio 3/8" a 7/8" que se observa en la tabla 1.2.

1.2.2.2.1.3. Difusor de gas (gas lens).

Se usa para asegurar un flujo laminar del gas protector a la zona de soldadura, contiene una barrera porosa y esta diseñada para ajustar el electrodo, produce una protección de gas mayor y estable. Permite que el operador separe la boquilla de la pieza permitiendo mayor visibilidad del charco y acceso a zonas difíciles de alcanzar como esquinas.

El equipo que se requiere automatizar dispone de una antorcha TWECO con una boquilla de cerámica # 8 acoplado la mordaza y el difusor de gas de 3/32 de bronce ideal para el electrodo que se dispone.

1.2.2.3. Gases protectores.

Los gases más utilizados para la protección del arco en esta soldadura según el material a soldar son el argón (Ar) y el helio (He), o mezclas de gases (tabla 1.3), los cuales tienen como propósito el proteger el baño de fusión del cordón de soldadura, el electrodo y evitar los efectos dañinos del oxígeno presente en el ambiente. Estos dos gases Argón y Helio son gases inertes nobles característica que no les permite

combinarse químicamente con otros materiales sin afectar el baño de fusión ni el electrodo.

Tabla 1. 3 Tipos de gas protector según su aplicación

GAS UTILIZADO	MATERIAL A SOLDAR
Argón	Aceros inoxidables, Cobre, Niquel, aceros al carbón y la mayor parte de aluminios
Argón puro	Titanio, Tantalio, Zirconio, aleaciones de Magnesio
Argón + helio	Cobre (grandes espesores), Niquel y aleaciones, Aluminio, aceros inoxidables (G.E), aceros al carbo (G.E)
95% argón + 5% hidrógeno	Niquel y sus aleaciones
Helio	Metales buenos conductores calor (aluminio cobre) de gran espesor

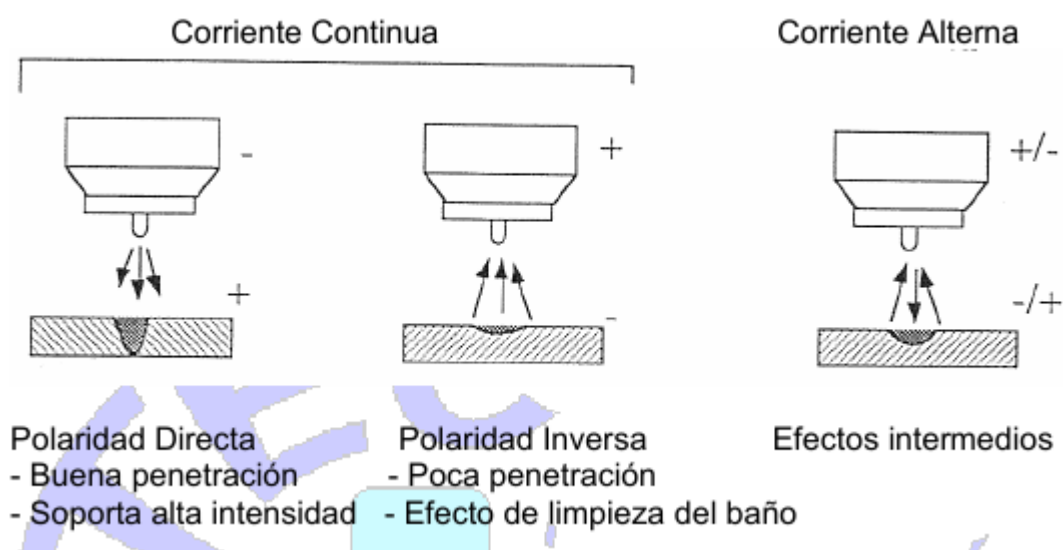
Fuente: Jeffus, 2009, p. 228

Al considerar que las charolas a unir son de acero laminado en frio de 1.1 mm de espesor el gas protector que utilizará el sistema es el Argón,

1.2.2.4. Tipos de corriente eléctrica.

Dentro de este tipo de proceso de soldadura se puede utilizar tanto corriente continua como alterna, a continuación mediante la figura 1.3 se dará a conocer los resultados del empleo de estas corrientes.

Figura 1. 3 Tipos de corrientes



Fuente: Ingemecánica, 2014, p. 6

En el primer caso el uso de corriente continua con polaridad directa es la más habitual ya que esta configuración alcanza menores temperaturas en el electrodo y así reducir la degradación del mismo.

Por el contrario en el caso de la utilización de corriente alterna se obtienen efectos intermedios en el aspecto del cordón de soldadura y además se necesitaría de un generador de alta frecuencia para estabilizar el arco.

En la tabla 1.4 se muestra la calidad de soldadura en función del material y el tipo de corriente empleada.

Tabla 1. 4 Calidad de soldadura según corriente utilizada

MATERIAL	CA	CCPD	CCPI
Magnesio e < 3 mm	MB	M	B
Magnesio e < 4 mm	MB	M	M
Aluminio e < 2,5 mm	MB	M	B
Aluminio e > 2,5 mm	MB	M	B
Acero inoxidable	B	MB	M
Aleaciones de bronce	B	MB	M
Plata	B	MB	M
Aleaciones de Cr yNi	B	MB	M
Aceros bajo en C (e < 0,8 mm.)	B	MB	M
Aceros bajo en C (e < 3 mm.)	M	MB	M
Aceros altos en C (e < 0,8 mm.)	B	MB	M
Aceros altos en C (e < 3 mm.)	B	MB	M

Fuente: Ingemecánica, 2014, p. 2.6

Donde:

CA: Corriente alterna

CCPD: Corriente continua polaridad directa

CCPI: Corriente continua polaridad inversa

Y los criterios de soldabilidad son los siguientes:

MB: Muy bueno

B: Bueno

M: Malo

Tomado en cuenta que el material a unir es un acero de bajo porcentaje de carbón y de menos de 3 mm de espesor, se utilizará corriente continua polaridad directa con lo que se logra una buena penetración y conservación del electrodo evitando que su temperatura se eleve.

1.2.3. Ventajas del sistema TIG.

- No se requiere de fundente y no hay necesidad de limpieza posterior en la soldadura
- No hay salpicadura, chispas ni emanaciones, al no circular metal de aporte a través del arco
- Brinda soldaduras de alta calidad en todas las posiciones, sin distorsión
- Al igual que todos los sistemas de soldadura con protección gaseosa, el área de soldadura es claramente visible
- El sistema puede ser automatizado, controlando únicamente la pistola.

1.2.4. Desventajas del sistema TIG.

- Costo alto del gas
- Proceso lento
- Se requiere de un soldador especializado

1.2.5. Beneficios.

- El proceso puede ser mecanizado o robotizado.
- Facilita la soldadura en lugares de difícil acceso.
- Ofrece alta calidad y precisión.
- Altas resistencias mecánicas de la articulación soldada.
- Poca generación de humo.
- Soldaduras claras, brillantes y con buen acabado, sin usar flujo de limpieza, prescindiendo de acabado final y reduciendo costos de fabricación.
- Soldadura en todas las posiciones.
- Versatilidad, suelda prácticamente todos los metales industrialmente utilizados

Los beneficios más notables que sugieren la utilización del sistema TIG en el presente trabajo son: obviamente la facilidad de poder automatizarlo, la factibilidad de obtener soldadura en todas las posiciones y la obtención de soldaduras claras,

brillantes y con buen acabado con su consecuentes beneficios al omitir un proceso de limpieza.

1.2.6. Aplicaciones.

- Soldeo de la primera pasada de tuberías de aceros aleados, aceros inoxidables y aleaciones de níquel.
- Soldeo de equipos de Al, Ti y aleaciones de Ni.
- Soldeo de tubos a la placa de los intercambiadores de calor
- Soldeo interno de reactores de urea en acero inoxidable.

1.3. Soldabilidad de los materiales.

El término soldabilidad se lo acuñó para describir la facilidad de los metales para ser soldados y la forma apropiada de realizar el procedimiento para obtener juntas fuertes, dúctiles y aceptables, ya que todos los metales se pueden soldar tomando en cuenta que se requiere mucho cuidado y habilidad por la variedad de materiales.

La AWS define la soldabilidad como “la capacidad de un metal para ser soldado bajo las condiciones de fabricación impuesta, de manera específica y apropiada a una estructura diseñada y para funcionar satisfactoriamente en el servicio pretendido” (Jeffus, 2009, p. 98).

Este tema involucra la metalurgia de los metales, ya sea los que se van a soldar como sus respectivos materiales de aporte, el tipo de proceso de soldadura, el diseño y preparación de juntas a soldar, los tratamientos térmicos y otros factores más.

Pero también existen factores que afectan directamente a la soldabilidad y que se deben controlar y ajustar y estos son:

- Atmósfera de protección.
- Metal de aportación.
- Material fundente.
- Método de soldadura.

- Uso de calentamiento previo, entre pases y posterior.

1.3.1. Clasificación de los aceros soldables.

Básicamente el acero es una aleación de hierro, carbono y otros elementos, dentro de estas aleaciones el carbono es el que influye directamente en las propiedades, características y en especial de la soldabilidad de estos materiales. Mientras más cantidad de carbón contengan las aleaciones de aceros se dificultará más la soldadura.

Por el contenido de carbono los aceros se clasifican en tres grandes tipos:

1.3.1.1. Aceros de bajo contenido de carbono (entre 0.15 y 0.3%).

Estos aceros son fácilmente soldables son conformables y mecanizables. Para el proceso de soldadura oxiacetilénica se lo puede realizar con una flama neutral dando como resultado un acabado de calidad y la zona de fusión no es dura ni frágil. Este tipo de material tiene mayor soldabilidad con el proceso de soldadura por arco metálico protegido, simplemente tomando en cuenta la correcta selección de electrodos se podrá asegurar alta fuerza y ductibilidad en la soldadura. Estos aceros en el proceso de soldadura GTAW no es muy recomendado ya que tiende a producir porosidad en la soldadura si el acero no esta completamente desgacificado, osea el acero que no ha sido eliminado el gas disuelto en el metal durante la fabricación.

1.3.1.2. Aceros de medio contenido en carbono (entre 0.3 y 0.5 %).

Resistentes y duros. Para soldarlos con buenos resultados hay que utilizar electrodos especiales. Las técnicas de soldadura que podemos utilizar depende de las características metalúrgicas del metal a ser soldado, por ejemplo para materiales con contenido superior a 0,4 % de carbono se debe dar un tratamiento de calentamiento previo y posterior lo cual se requiere para producir una soldadura satisfactoria. Por otro lado se pueden utilizar también electrodos del mismo tipo de los utilizados en los aceros de bajo contenido de carbono, también puede ser necesario utilizar electrodos con un contenido especial de hidrógeno para reducir tendencias a grietas bajo cordones. En este tipo de material electrodos de arco protegido se pueden

utilizar y obtener un buen resultado en el proceso de soldadura al igual que el proceso de soldadura por resistencia.

1.3.1.3. Aceros con alto contenido en carbono (entre 0.5 y 0.9 %)

Se requieren electrodos especiales, precalentamiento etc. para realizar las soldaduras. Normalmente no se practican soldaduras en los aceros de muy alto contenido en carbono. La formación de martensita en los aceros de alto contenido de carbono es un riesgo ya que esta fase cristalina no solo es dura y frágil e incrementa su volumen que impone esfuerzos adicionales en su estructura lo que hace inevitable su precalentamiento. La martensita que se forma puede ser revenida por un tratamiento de calor tal como el alivio de tensiones por recocido.

Las planchas de acero que se utiliza para la elaboración de las charolas, pertenecen al grupo de los aceros de bajo porcentaje de carbono $\%C < 0,25\%$ descritos en el apartado 1.3.1.2

1.4. Charolas

Se trata de planchas de 1,1 mm de espesor en acero ASTM 36, de bajo porcentaje de carbono ($\%C < 0,25$), su buena soldabilidad permite su uso en la mayoría de aplicaciones estructurales para la industria, gracias a sus variadas formas que podemos encontrar en el mercado, la tabla 1. 5 muestra las propiedades mecánicas que ofrece este acero.

Tabla 1. 5 Propiedades mecánicas del acero ASTM36

Propiedades Mecánicas				
Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción		Elongación
(Kg / mm ²)	MPa	(Kg / mm ²)	MPa	%
25,5 (mín.)	250 (mín.)	40,8 (mín.)	400 (mín.)	20 (mín.)

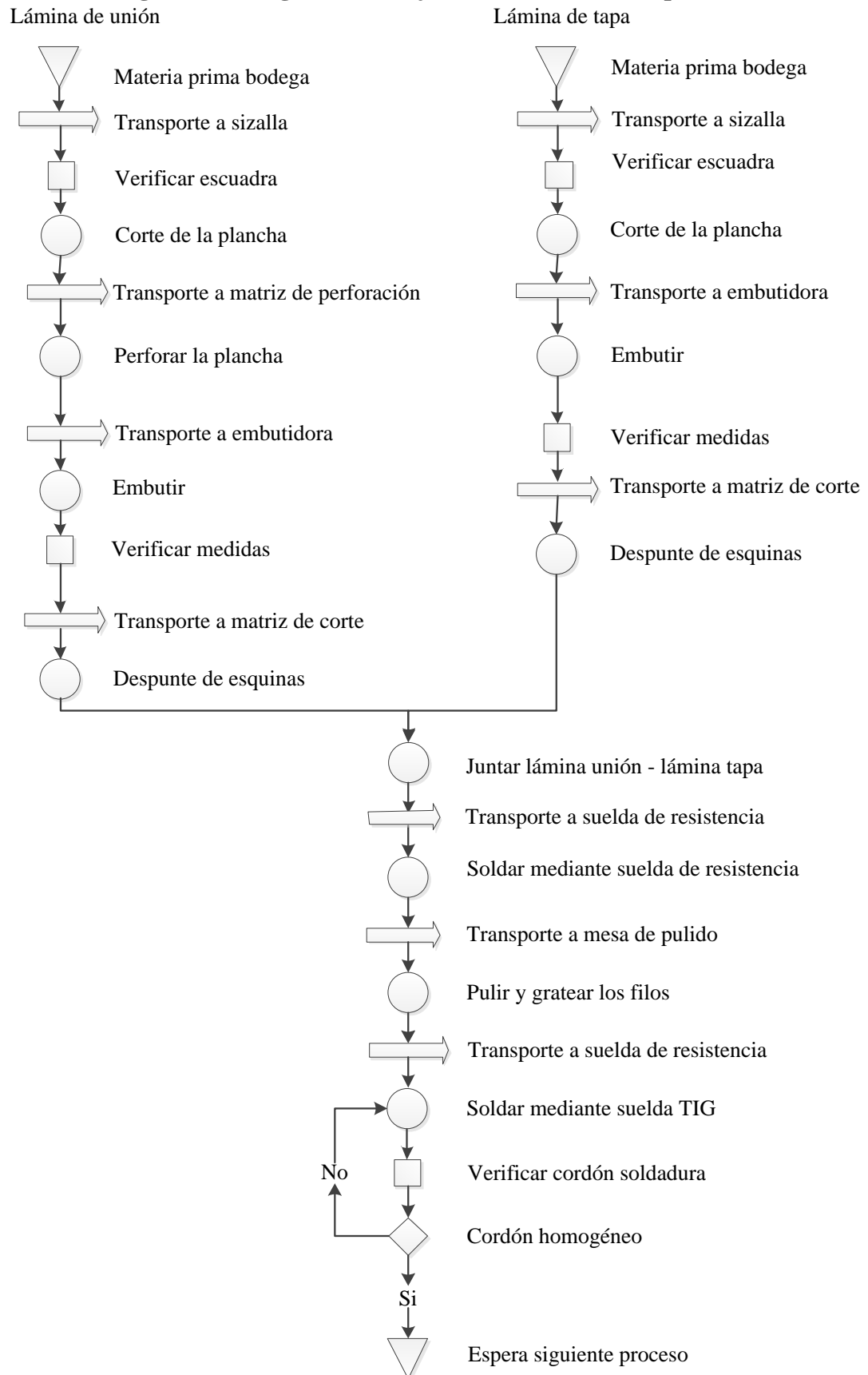
Composición Química (Valores típicos)				
% C	% Mn	% Si	% P	% S
≤ 0,26	0,80 - 1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05

Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío (**)		
Espesor E (mm.)		
Hasta 20 mm. (incl.)	Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (incl.)	Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (incl.)
1,5 X E	1,5 X E	1,5 X E

Fuente: Otero, 2015, p. 3

1.4.1. Conformado.

Figura 1. 4 Diagrama de flujo conformado del casquete



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

La plancha es colocada en la máquina cizalla, verificando que la misma se encuentre a escuadra y se proceder con el corte, el siguiente paso consiste, en montar la lámina cortada según su función, si se trata de lámina de casquete en la matriz de perforación y embutir, si es lámina de tapa solo embutir, obteniendo la forma final deseada para luego realizar el despunte de las esquinas con la matriz de corte.

Las láminas terminadas se colocan debidamente alineadas una sobre otra para formar el casquete, soldándolas mediante suelda de resistencia los bordes y puntos internos, como se puede observar en la foto 1, se pulen los borde se realiza el proceso de soldadura GTAW en la periferia del casquete.

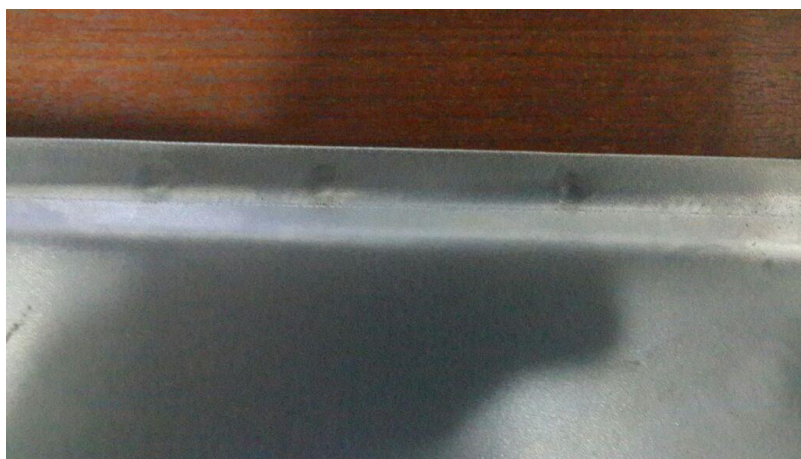
En la actualidad este proceso se lo realiza de forma manual, en el tiempo detallado en la primera fila de la tabla 1.6.

Tabla 1. 6 Tiempos requeridos en proceso manual

T. operación	T. reproceso	T. inspección	T. sin reproceso	T. total	Producción mensual	Reproceso mensual
2,3	0,5	1,5	3,8	4,3	1800	360

Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

Foto 1. 1 Charola unida por suelda de resistencia



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

1.4.2. Uso

La unión de las charolas conforma un casquete el cual se ubicará en la parte superior e inferior de tubos, para formarlos paneles de un radiador de refrigeración del aceite dieléctrico que llevan los transformadores en su interior.

Foto 1. 2 Panel de radiador de refrigeración



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

1.5. Automatización industrial.

En la industria actual, la mayor parte de los procesos de fabricación son automatizados, en dichos sistemas la decisión, la inteligencia que realiza las acciones de fabricación, no la realiza el ser humano, se encuentra contenida en la unidad de control o mando del sistema de fabricación, la realización tecnológica de esa inteligencia ha adoptado diferentes formas o implementaciones a lo largo de la historia industrial, desde automatismos puramente mecánicos, hasta los autómatas programables actuales que controlan la mayoría de los procesos automatizados, y en menor medida los computadores de control de proceso y reguladores industriales.

La combinación de la inteligencia de los autómatas programables con los accionadores industriales, así como su desarrollo y captadores cada día más especializados, permite que se automatice un mayor número de procesos, liberando

al ser humano tanto de tareas de gran complicación intelectual como de realizar esfuerzos sustitutivos por accionadores electromecánicos y neumáticos. La potencia de los autómatas programables ha aumentado considerablemente dejando de ser “lentos elementos de control que sólo pueden sustituir a los cuadros de contactores” a ejecutar complicadas aplicaciones de control con un tiempo de computo mínimo y con una alta fiabilidad llegando a obtener nuevos módulos para funciones especiales como el control de ejes, el pesaje, la comunicación, como resultado de grandes esfuerzos e investigaciones en campos como las redes de comunicación industrial, los buses de campo, los buses de célula, los identificadores de producto y el desarrollo de la unidad de control.

1.5.1. Objetivos de la automatización.

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones difíciles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Reducir los tiempos de producción.

Los parámetros que comprenden el mejoramiento de la productividad, reducción de costos de producción, el mejoramiento de la calidad así como la alternativa de realizar operaciones de difícil control, son los que conllevan a realizar la automatización del proceso de soldadura TIG para los casquetes.

1.5.2. Componentes de una instalación automatizada.

El método más sencillo de estudiar un sistema automatizado consiste en separarlo en: parte de mando y la parte operativa.

1.5.2.1. Parte operativa.

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina, son los elementos que permite que esta se mueva y realice las operaciones, los elementos que forman la parte operativa son:

1.5.2.1.1. Accionadores.

Se encuentran acoplados a las máquinas para realizar movimientos, son motores de corriente continua, motores de corriente alterna, cilindros neumáticos, etc. Pudiendo ser estos:

- Accionadores eléctricos.

Utilizan como fuente de energía, la electricidad y toman muy diferentes formas como son: válvulas eléctricas, motores eléctricos de velocidad variable, motores de velocidad fija, resistencias de calentamiento, cabezas de soldadura, cabezas de corte por láser. Los motores eléctricos son adecuados para movimientos regulares y en el control de velocidad de ejes.

- Accionadores neumáticos.

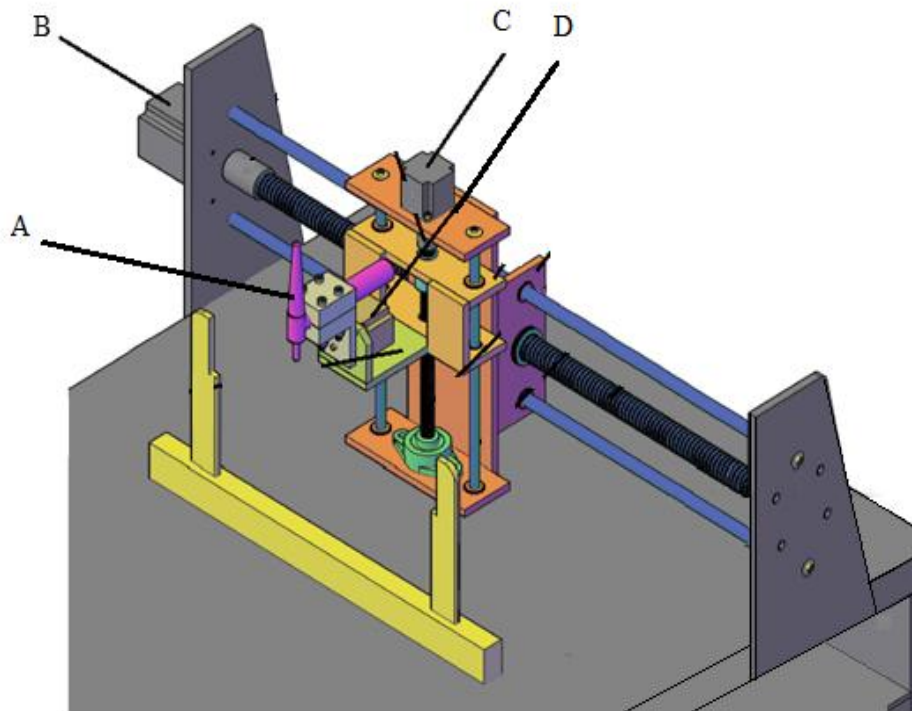
Utilizan como fuente de energía el aire comprimido obtenido por medio de un grupo compresor, los accionadores neumáticos son principalmente cilindros. Son adecuados para aplicarlos en movimientos lineales cortos que se producen, por ejemplo, en operaciones de transferencia, ensamblajes, aprietes, marcados.

- Accionadores hidráulicos.

Solo se utilizan cuando los esfuerzos a desarrollar son muy importantes o cuando velocidades lentas deben ser controladas con precisión.

Para la automatización del sistema se hará uso de dos tipos de accionadores eléctricos, el principal y el encargado de realizar la unión será la antorcha de la soldadura TIG (que se estudió en el apartado anterior) este se desplazará en los plano XY con la ayuda del segundo accionador eléctrico, se trata de 3 motores paso a paso, sus principios y aplicaciones se detalla a continuación, estos ayudarán a desplazar la antorcha en los eje X y Y, haciendo girar sendos tornillos sin fines que trasladarán a los motores, de igual forma el motor restante gobernará el giro de la antorcha en el eje X.

Figura 1. 5 Accionadores eléctricos



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

A: Suelta TIG

B: Motor desplazamiento horizontal.

C: Motor desplazamiento vertical.

D: Motor giro.

1.5.2.1.1.1. Motores paso a paso.

Son motores que reciben un impulso de corriente y lo transforman en un movimiento preciso del eje (paso), según la secuencia de impulsos aplicada se puede girar en uno u otro sentido, la velocidad de giro depende de la frecuencia de los impulsos aplicados.

1.5.2.1.1.2. Tipos.

- De reluctancia variable.
- De imán permanente.
- Híbridos.
- De disco.

1.5.2.1.1.3. Ventajas.

- Compatibles con la información digital
- Ideal para trabajar en lazo abierto.
- Posicionamiento preciso 3-5% y con buena repetitividad.
- Reducido mantenimiento.
- Circuitos de control y excitación sencillos

1.5.2.1.1.4. Desventajas.

- Sufren resonancias, en especial si el control no es adecuado.
- Dificultad de operación a altas frecuencias (perdidas de pasos).

1.5.2.1.1.5. Aplicaciones.

- Robótica (Posicionadores, máquinas-herramientas, movimiento de cámaras).
- Automatización.
- Periféricos (impresoras, plotters, disqueteras)
- Telecomunicaciones (posicionamiento de antenas).

1.5.2.1.2. Pre-accionadores.

Son los que comandan y activan los accionadores, estos pueden ser contactores, variadores de velocidad, electroválvulas.

- Pre-accionadores eléctricos.

Contadores y variadores de velocidad

- Pre-accionadores neumáticos.

Son los distribuidores asociados a los cilindros. Reciben una señal neumática o una señal eléctrica como mando.

1.5.2.1.3. Captadores.

Son elementos que informan al órgano de mando del estado del sistema o de los eventos que suceda en él, estos captan señales necesarias para conocer el estado del proceso y decidir su desarrollo futuro. Detectan posición, presión, temperatura, caudal, velocidad, aceleración. La gama de captadores disponibles en el mercado es muy amplia lo que permite responder a los múltiples problemas de detección que se plantea en las máquinas de fabricación.

Una primera clasificación de los captadores se puede establecer según el tipo de señal suministrada a la salida:

- Captadores analógicos.
Suministra una señal proporcional a una variable analógica, como puede ser presión, temperatura, velocidad, posición.
- Captadores “Todo o nada”.
Este tipo de señal suministra una señal que solamente tiene dos estados, asociados al cierre o apertura de un contacto eléctrico, o bien a la conducción o corte de un interruptor estático como transistor o tiristor. Son los más utilizados en la automatización de movimiento y adoptan diferentes formas: finales de carrera, detector de proximidad inductivo, detector de proximidad capacitivo, fotocélulas.

El proceso de soldadura automatizado requiere conocer la posición donde empieza y finaliza la unión de las placas, por ello que se utilizarán captadores todo o nada como un fin de carrera de gran utilidad en el presente proyecto.

1.5.2.2. Parte de mando.

El desarrollo de las diferentes tecnologías (mecánica, eléctrica, química), dio lugar a una paulatina elevación de la complejidad de los sistemas e hizo que fuesen muchas las variables físicas que tienen que ser vigiladas y controladas, lo que no podía ser realizado en forma directa por el ser humano debido a que carece de suficiente capacidad de acción mediante sus manos y de su sensibilidad y rapidez de respuesta a los estímulos percibidos por sus sentidos.

Sin embargo cuadros de mando, circuitos marcha/paro y pequeñas automatizaciones son realizadas aún con tecnologías cableadas, como pueden ser los circuitos de relés y contactores.

Las herramientas cableadas se caracterizan por una realización que requiere necesariamente el establecimiento de uniones materiales (cableado), según un esquema provisto por la teoría o por la experiencia teniendo las siguientes limitaciones:

- Espacio que ocupa.
- Falta de flexibilidad.
- Solo aplicable a problemas sencillos.

- El tiempo invertido en la búsqueda de averías y en la reparación.
- Costos, a partir de 20 a 30 relés, es más barato aplicar un pequeño PLC.

En las últimas décadas, la tecnología cableada ha sido sustituida por autómatas programables o PLC's, dispositivos electrónicos capaces de almacenar, estructurar y procesar información, son considerados elementos de cálculo y control que comandan un proceso con la información que reciben a través de una serie de elementos conectados a las entradas del mismo o en forma de programa, para entregar una nueva información en sus salidas, permiten controles más avanzados y flexibles en el funcionamiento de una secuencia o de un proceso, así como su optimización sin requerir instalaciones complejas sustituyendo los elementos electromecánicos o electrónicos, siendo posible programarlo y modificar dicho programa según las necesidades y proceso, sin tener que alterar el cableado existente, por medio de un programador o un computador si tiene el software e interface adecuado.

Considerando las ventajas que brinda un PLC en su estructura interna como en el poco espacio que demanda para su aplicación, es el dispositivo más apropiado para aplicarlo en el equipo a construir.

1.5.2.2.1. Autómatas programables (PLC)

Dentro de un sistema de fabricación automatizado el PLC se encuentra en su centro debiendo ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado.

El PLC elabora las acciones a realizar sobre el sistema de fabricación en base al programa que ha sido introducido en su memoria, en base a las señales de los captadores y en base a las órdenes que provenga del operador, recibe consignas y suministra informaciones. Puede coordinarse con otros procesos comunicándose con demás autómatas de la línea de producción o con un nivel superior de supervisión.

1.5.2.2.2. Estructura del autómata programable

1.5.2.2.2.1. Procesador o unidad central de proceso.

Es un microprocesador que se usa para el tratamiento de la información o de las instrucciones que contiene el programa, relativos al funcionamiento de la aplicación a ejecutarse, se lo puede comparar al CPU de un computador.

1.5.2.2.2. Memoria.

Se trata de la capacidad que tiene el PLC para almacenar un determinado programa o una cantidad determinada de instrucciones.

- Memoria RAM: se trata de la memoria principal o de trabajo, a la cual se puede acceder en forma rápida y eficiente. Puede ser del autómata o del computador, por lo cual es posible transferir el programa de una aplicación de una memoria a otra.
- Memoria EEPRON: memoria sólo de lectura, que es programable y borrrable eléctricamente. Es una zona de almacenamiento secundario o de seguridad del PLC, es posible realizar transferencias del PLC a la memoria EEPRON y viceversa.

1.5.2.2.3. Entradas (E).

Es uno de los primeros factores a tomar en cuenta para poder elegir un PLC, permite conocer la capacidad que tiene en cuanto al número de señales eléctricas externas que puede recibir, procedentes de los elementos empleados en la etapa de detección (sensores, interruptores de presión, presostatos, etc....), mando (pulsadores, selectores) y protección (contacto NC y NA de los relés térmicos que se ubican en el circuito de mando) para convertirlas en señales comprensibles por un PLC.

Es común el uso de 24 VDC y de 110-120 AC en cualquiera de los casos las corrientes permitidas son muy pequeñas medidas en mA. Los elementos de mando, así como los demás elementos que se conecten en las entradas deben ser únicamente normalmente abiertos (NA).

1.5.2.2.4. Salidas (S).

Son los elementos a través de los cuales se transmiten las órdenes de mando y de señalización, provenientes del tratamiento y la ejecución del programa, a los pre-accionadores, de igual forma que sucede con las entradas para la elección de un PLC se deben conocer el número de pre-accionadores que se pueden controlar. Las salidas se pueden realizar a través de relevos, transistores o triacs, las corrientes que circulan por los elementos de salida por lo general son muy pequeñas medidas en mA o a lo más 1 ó 2 A, por lo cual es necesario tener en cuenta las especificaciones del fabricante.

1.5.2.3. Programación.

Consiste en ingresar una serie de instrucciones literales o gráficas para que sean ejecutadas por el PLC, esta conformado por unas funciones lógicas que tratan la información recibida en las entradas, para elaborar una nueva información en las salidas, la programación que reconoce solo dos estados o situaciones se denomina sistema booleano consiste en un nivel lógico 1 (activado, presencia, cerrado) y un nivel lógico Ø (desactivado, ausencia, abierto).

Para realizar un programa se emplea las consolas de programación o programadores, siendo mucho más práctico y con mayores ventajas el uso de un computador siempre que se tenga el software y la interface requeridas. Existen diferentes lenguajes de programación las usadas comúnmente son:

- Por lista de instrucciones.

Se trata de un lenguaje de texto tipo booleano, cada reglón o label está compuesto por dirección, instrucción y operando:

Los esquemas a contactos y grafcet se pueden introducir mediante lenguaje por lista de instrucciones

- Lenguaje ladder, a contactos o escalera.

Consiste en un lenguaje booleano basado en circuitos gráficos, el esquema gráfico es muy similar al esquema de funcionamiento horizontal, las líneas de alimentación se representan verticalmente y las líneas en las cuales se ubican los contactos y bobina son horizontales, se emplean contactos NA y NC identificados en la parte superior del símbolo, es necesario que todo circuito parcial contenga un operando (bobina) o un bloque de función, realizado el esquema de una aplicación, se concluye con un circuito que indica el fin de la misma.

- Lenguaje grafcet.

Es un sistema gráfico muy funcional que facilita el diseño de automatismos de gran utilidad en procesos secuenciales, el diseño se realiza en función de un proceso secuencial, descomponiéndolo en una serie de etapas sucesivas y asociadas entre sí mediante determinadas transiciones hasta formar un proceso cerrado y/o ciclo, de tal manera que

la última etapa debe retornar siempre a la primera etapa o a una de las anteriores.

La secuencia del esquema de control el cual dirigirá el proceso, se realizará utilizando el lenguaje grafcet, en el software Zelio Soft, para luego ser trasladado al PLC ubicado en el tablero de control que posee el equipo.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1. Evaluación de las alternativas

Los parámetros que se analizará en el presente capítulo para evaluar las alternativas para la fabricación del equipo son las siguientes:

- Costo de fabricación
- Seguridad
- Operación

2.1.1. Costo de fabricación.

El costo de fabricación es de gran importancia para poder establecer un presupuesto que será destinado para la construcción y puesta en marcha del equipo, el contar con auspicio no admite exceder en gastos exagerados para la fábrica, sin dejar un lado la calidad de los insumos y la tecnología suficiente para una óptima operación.

2.1.2. Seguridad.

El factor de seguridad es una característica importante dentro de la construcción de la máquina esto nos permite verificar los riesgos a los que se expone el operador al trabajar con el equipo que se está diseñando y los riesgos físicos y mecánicos que se pueden presentar por la mala operación del mismo

2.1.3. Operación.

Este parámetro permite limitar la facilidad y confianza del operador hacia la máquina mientras realiza el montaje y supervisión en la misma, incluyendo las actividades de mantenimiento o chequeo diario que tienen como objeto mantener la máquina en perfecto estado.

2.2. Valoración numérica.

Para la evaluación de la mejor alternativa se designa un valor numérico a cada uno de los factores como se muestra en la tabla 2.1

Tabla 2. 1 Valoración según complejidad

PARÁMETROS		VALORACIÓN NUMÉRICA
Costo de fabricación	Bajo	3
	Medio	2
	Alto	1
Seguridad	Alta	3
	Media	2
	Baja	1
Operación	Fácil	3
	Medio	2
	Difícil	1

Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

2.3. Factor de ponderación.

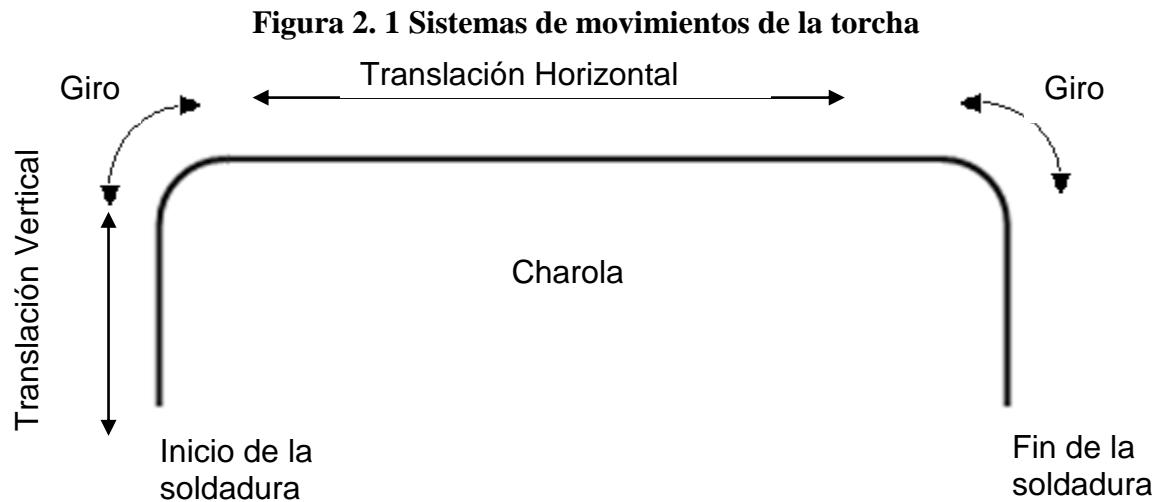
Para evaluar y definir la mejor alternativa, se toma en cuenta el nivel de importancia que tienen los parámetros en el equipo, para lo cual se definen los siguientes valores:

- Seguridad 2
- Costo de fabricación 3
- Operación 5

Por lo tanto la alternativa con mayor puntaje será la que se ejecute.

Para el estudio de alternativas se analiza los siguientes sistemas con que contará la máquina y que se muestra en la figura 2.1.

- Sistema de translación vertical y horizontal de la antorcha.
- Sistema de giro de la antorcha.

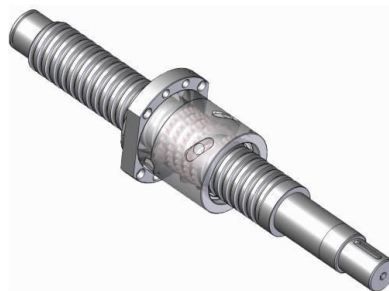


2.4. Selección de la alternativa del sistema de translación vertical y horizontal de la antorcha

2.4.1. Alternativa A: translación vertical y horizontal de la antorcha por husillo de bolas

La transmisión de husillo de bolas es un conjunto que convierte el movimiento giratorio en movimiento lineal (o viceversa). Comprende un husillo de bolas y una tuerca de bolas empaquetados en un conjunto con rodamientos de bolas circulantes, que se puede observar en la figura 2.2. La interfaz entre el husillo y la tuerca de bolas se realiza mediante rodamientos de bolas que ruedan en formas que concuerdan con las bolas.

Figura 2. 2 Husillo de bolas



2.4.1.1. Ventajas.

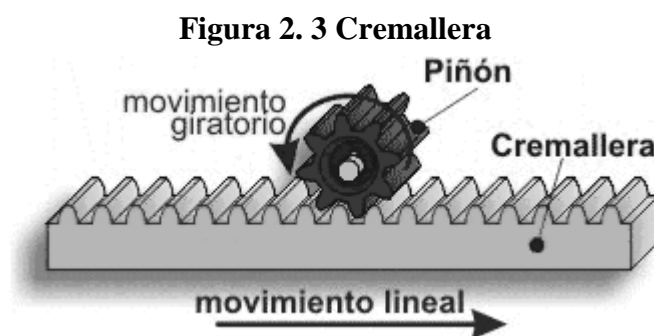
- Larga vida útil del conjunto (tuerca y tornillo)
- Mejora del rendimiento global y la reducción de consumo energético.
- Capacidad de transporte de carga grande
- Compacto
- Fácil de diseñar
- Fácil de fabricar; no se requiere maquinaria especializada
- Movimiento lineal preciso y exacto
- Funcionamiento suave, silencioso.
- Número mínimo de piezas
- La mayoría son de auto bloqueo.

2.4.1.2. Desventajas

- Sensibilidad a las sacudidas.
- Velocidad máxima de desplazamiento limitada.
- Longitud del eje limitado.

2.4.2. Alternativa B: translación vetical y horizontal de la antorcha por cremallera

Una cremallera es un piñón recto cuyo diámetro primitivo es infinito, por lo tanto tiene un número infinito de dientes y una circunferencia de base que está a una distancia infinita del punto de paso, por lo general se usa para transmitir un movimiento giratorio en movimiento lineal, se muestra en la figura 2.3 su funcionamiento.



Fuente: Cejarosu, 2006, p. 3

2.4.2.1. Ventajas.

- Soportan grandes cargas.
- Soportan trabajos con vibraciones.
- No son manipulables manualmente.
- Ideales para máquinas operadas mecánicamente

2.4.2.2. Desventajas.

- Requieren de mantenimiento y lubricación constante.
- Sistema ruidoso.
- Vida útil no prolongada.
- Se requiere de gran espacio para su instalación.
- Consumo de energía mecánica alto.
- Falta de precisión en movimiento

2.4.3. Evaluación de las alternativas.

La tabla 2.2 muestra las alternativas propuestas y su respectiva valoración para el respectivo análisis.

Tabla 2. 2 Valoración de alternativas del sistema de translación de la antorcha

CLASIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA				
Factores	Factor de ponderación	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa Ideal
Seguridad	2	1x2	2X2	1x2
Costo de fabricación	3	2x3	1X3	3x3
Operación	5	3x5	1X5	3x5
	Total	23	12	26
	Indice %	88%	46%	100%
	Orden selección	1	2	

Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

2.4.4. Selección de la alternativa del sistema de translación vetical y horizontal de la antorcha

Considerando que la alternativa 1 es la que se aproxima a la alternativa ideal se utilizará el sistema de translación vertical y horizontal de la antorcha por medio de un HUSILLO DE BOLAS.

2.5. Alternativas del sistema de giro de la antorcha.

2.5.1. Alternativa A: giro de la antorcha por medio de motorreductores.

Los motores CC tienen mucha velocidad y poca fuerza, lo que hace necesario el uso de un sistema de reducción para poder equilibrar estas variables se hace uso de motorreductores, muy adecuados para el accionamiento de todo tipo de máquinas y aparatos de uso industrial, que se necesite reducir su velocidad de una forma eficiente, constante y segura.

2.5.1.1. Ventajas.

- Alta eficiencia de la transmisión de potencia del motor.
- Alta regularidad en cuanto a potencia y par transmitidos.
- Poco espacio para el mecanismo.
- Poco tiempo de instalación y mantenimiento.
- Elemento seguro en todos los aspectos, muy protegido

2.5.1.2. Desventajas.

- Poca precisión en la cantidad de rotación del motor.
- Tardan cierto tiempo en recuperar de velocidad.
- Poseen inercia y tardan en detenerse, no se consigue un número preciso de vueltas.
- No se consigue fracciones de vueltas.

2.5.2. Alternativa B: giro de la antorcha por medio de motores paso a paso

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360° .

2.5.2.1. Ventajas.

- Compatibles con la información digital
- Ideal para trabajar en lazo abierto.
- Posicionamiento preciso 3-5% y con buena repetitividad.
- Reducido mantenimiento.

- Circuitos de control y excitación sencillos.
- Excelente respuesta ante arranque, parada y reversa.
- Es posible lograr una velocidad de rotación muy baja en forma sincrónica con carga acoplada directamente sobre el eje.

2.5.2.2. Desventajas.

- Sufren resonancias, en especial si el control no es adecuado.
- Dificultad de operación a altas frecuencias (perdidas de pasos).

2.5.3. Evaluación de las alternativas

En la tabla 2.3 se observan los datos cuantificados que se analizan para la selección de la alternativa más apropiada.

Tabla 2. 3 Valoración de alternativas del sistema de giro de la torcha

CLASIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA				
FACTORES	Factor de ponderación	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa Ideal
Seguridad	2	2x2	1X2	1x2
Costo de fabricación	3	2x3	2X3	3x3
Operación	5	1x5	3X5	3x5
	Total	15	23	26
	Indice %	58%	88%	100%
	Orden selección	2	1	

Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

2.5.4. Selección de la alternativa del sistema de giro de la antorcha

Se puede observar que la alternativa que más se acerca a la alternativa ideal para el giro de la antorcha es el uso de MOTORES PASO A PASO, por lo tanto este tipo de motor será utilizado en el equipo.

CAPÍTULO III

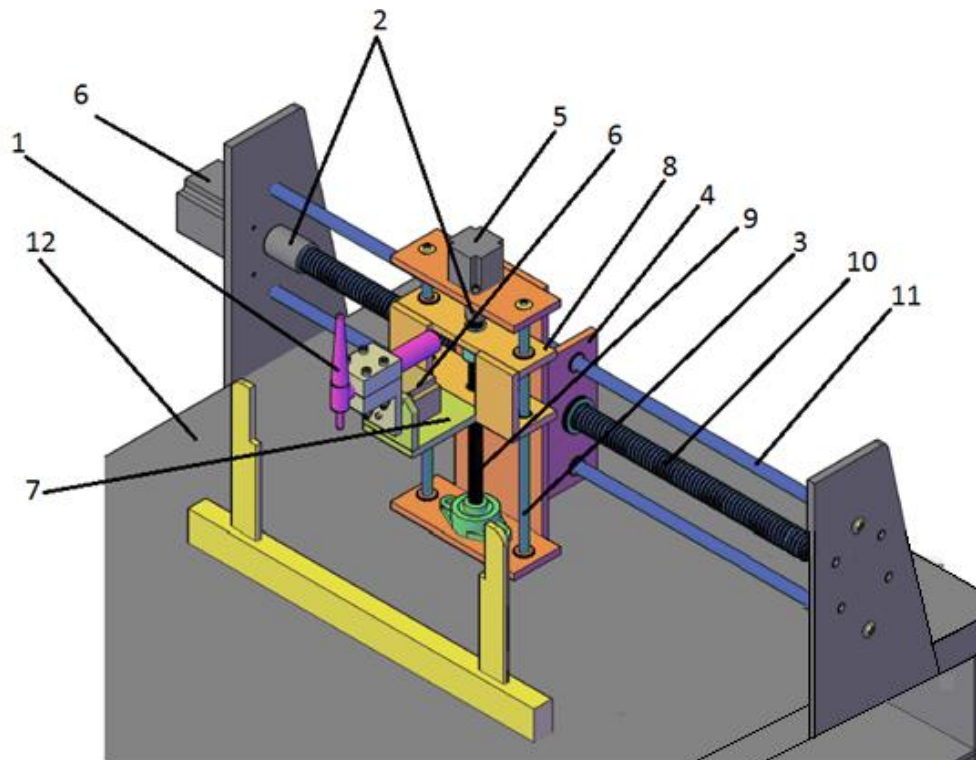
DISEÑO DEL EQUIPO

3.1. Diseño de los elementos del equipo

Para la construcción del equipo se diseñará cada uno de los elementos mecánicos móviles, iniciando por la sujeción de la torcha, pasando por los carritos de movimiento vertical y horizontal hasta llegar a la mesa de trabajo para terminar con lo referente al control automatizado.

La figura 3.1 muestra el conjunto armado y sus componentes, lo que ayudará a identificar los elementos.

Figura 3. 1 Conjunto suelda TIG



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

La tabla 3.1 indica cada uno de los elementos componentes del equipo.

Tabla 3. 1 Componentes conjunto suelda TIG

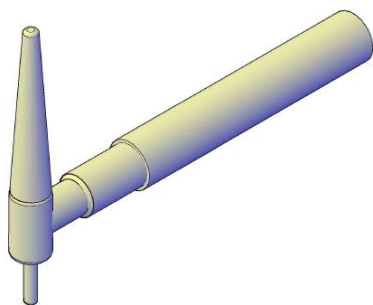
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PLANOS
1	Torcha	1	N/A
2	Bocín de sujeción	1	352.477. 01.01.01 352.477. 01.01.02
3	Ejes guía 1	2	352.477. 01.02.03
4	Guía 2	1	352.477. 01.03.03
5	Motor 2	2	Nema 23H2A
6	Motor 1	1	Minebea 23 KM-0
7	Carrito 1	1	352.477. 01.01.03
8	Guía 1	1	352.477. 01.02.01
9	Husillo de bolas vertical	1	SD/DB 16X10 R
10	Husillo de bolas horizontal	1	SX/BX 32X10 R
11	Ejes guía 2	2	352.477. 01.03.04
12	Mesa soporte	1	352.477. 01.05
13	Charola	1	N/A

Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

3.1.1. Bocín de sujeción

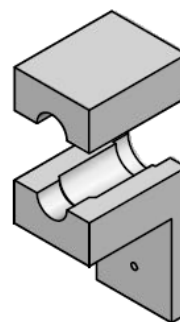
Considerando que la torcha que se muestra en la figura 3.3 debe posicionarse de 0 a 90° y de 90 a 180° durante el recorrido de la unión de las charolas, se la sujetará en el cuello de la misma con un bocín de sujeción mostrado en la figura 3.2.

Figura 3. 3 Torcha



**Elaborado por: Kleber Alomoto,
Roberto Carrera**

Figura 3. 2 Bocín de sujeción



**Elaborado por: Kleber Alomoto,
Roberto Carrera**

3.1.1.1. Análisis cinemático del bocín de sujeción.

Este análisis permitirá determinar la potencia necesaria del motor para mover el sistema de giro de la torcha partiendo del peso que tendrán los elementos mecánicos del conjunto.

Se partirá de las siguientes relaciones de Potencia (P) y Torque (T), sus respectivas definiciones se detallan en el glosario:

$$Potencia = T * \omega \quad \text{y} \quad Torque = F * R$$

Entonces si $\omega = \frac{V}{R}$ y $V = \frac{Lt}{t_{sol}}$ quedaría por determinar Lt con la ayuda del figura 3.4, que además muestra los desplazamiento que realizará la torcha sobre el filo de la charola.

Sección AB desplazamiento vertical.

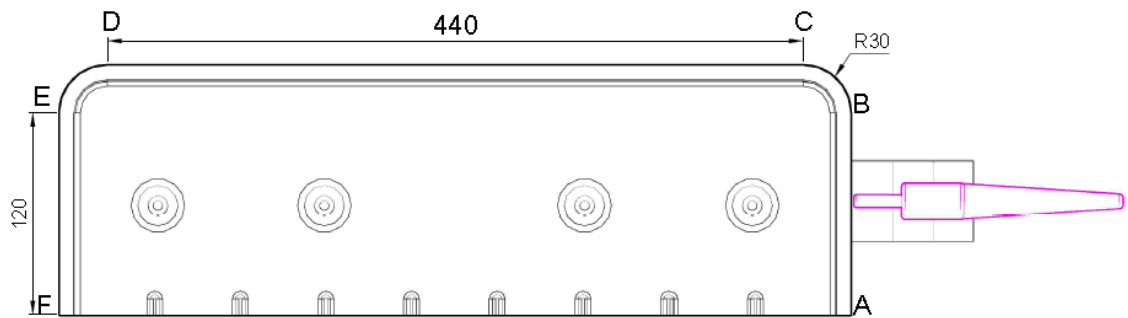
Sección BC giro de 0° a 90°.

Sección CD desplazamiento horizontal.

Sección DE giro de 90° a 180°.

Sección EF desplazamiento vertical.

Figura 3. 4 Dimensiones de la charola



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

$$Lt = 2 * (120) + 440 + 2 (Lc)$$

$$Lc = \frac{\pi r 90^\circ}{180^\circ};$$

$$Lc = \frac{\pi 30}{2};$$

$$Lc = 47,12 \text{ mm}$$

$$Lt = 2 * (120) + 440 + 2 (47,12);$$

$$Lt = 774,24 \text{ mm};$$

$$Lt = 0,774m$$

Con el dato de la longitud total (Lt) y el tiempo de soldadura (tsol) se calcula la velocidad de soldadura V de la siguiente manera

$$V = \frac{Lt}{tsold};$$

$$V = \frac{0,774 m}{120 seg};$$

$$V = 0,00645 m/seg$$

Si se considera que la velocidad angular en las partes curvas es constante se plantea la siguiente relación

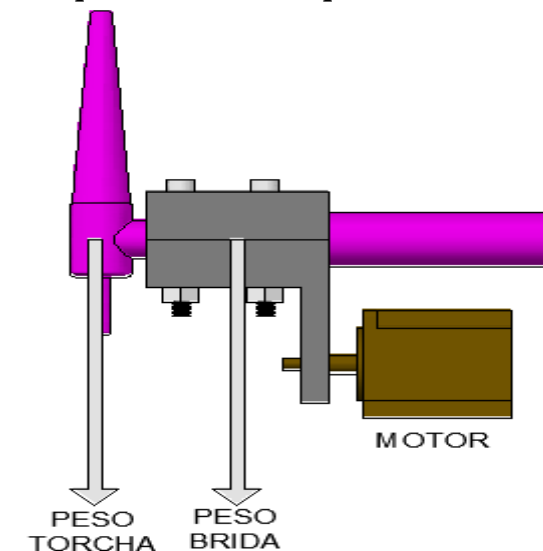
$$\omega = \frac{V}{R};$$

$$\omega = \frac{0,00645 \frac{m}{seg}}{30 mm * \frac{1m}{1000mm}};$$

$$\omega = 0,215 rad/seg$$

El valor de T dependerá de la fuerza que moverá el motor, observando el figura 3.5 se observa que las únicas fuerzas a vencer son el peso del bocín y el de la torcha.

Figura 3. 5 Esquema de fuerzas que actúan sobre el motor



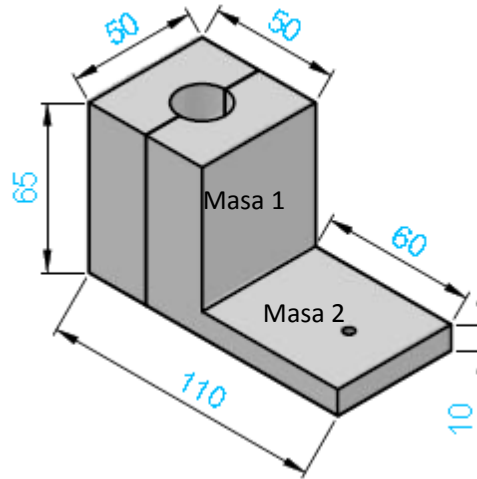
Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

$$\delta \text{ acero A36} = 7850 \text{ Kg/m}^3$$

$$m \text{ bocín} = \text{volumen} * \delta \text{ acero A36}$$

No se considerará los vacíos del bocín es decir se lo tomará como un cuerpo rígido (figura 3.6), lo que permite obtener un valor más seguro de operación

Figura 3. 6 Bocín de sujeción



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

$$volumen\ 1 = 0,05^2 * 0,065;$$

$$volumen\ 1 = 0,0001625\ m^3$$

$$masa\ 1 = volumen\ 1 * \delta\ acero\ A36$$

$$masa\ 1 = 0,0001625\ m^3 * 7850\ \frac{Kg}{m^3}$$

$$masa\ 1 = 1,275\ Kg$$

$$volumen\ 2 = 0,05 * 0,06 * 0,01;$$

$$volumen\ 2 = 0,00003\ m^3$$

$$masa\ 2 = volumen\ 2 * \delta\ acero\ A36;$$

$$masa\ 2 = 0,00003\ m^3 * 7850\ \frac{Kg}{m^3}$$

$$masa\ 2 = 0,2355\ Kg$$

$$masa\ bocin = 1,275\ Kg + 0,2355\ Kg;$$

$$masa\ bocin = 1,5105\ Kg$$

$$masa\ total = masa\ bocin + masa\ torcha;$$

$$masa\ bocin = 1,5105\ Kg + 0,332\ Kg$$

$$masa\ total = 1,8425\ Kg$$

Con la masa total se procede a calcular el respectivo peso del conjunto que debe mover el motor

$$Peso\ Total = masa\ total * gravedad;$$

$$Peso\ Total = 1,8425\ Kg * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$Peso\ Total = 18,075\ N$$

3.1.2. Selección de motor 1 (giro)

Se procede con todas las incógnitas ya despejadas a dimensionar la potencia teórica requerida.

$$Potencia = Torque * \omega$$

$$Torque = Peso * R;$$

$$Torque = 18,075\ N * 0,03\ m;$$

$$Torque = 0,5422\ Nm$$

$$Potencia = 0,5422 * 0,215 \frac{rad}{seg}$$

$$Potencia = 0,1165\ Watt$$

El análisis demuestra que se requiere de un motor pequeño, para el equipo se utilizará un motor usado conseguido localmente, debido a que la placa de identificación se encuentra deteriorada se utiliza sus dimensiones, que es con lo que se dispone, para identificarlo en la hoja de datos disponible, sus características principales se observan a continuación en la tabla 10. El motor que se ha seleccionado pertenece a la serie 23 KM-0 el cual tiene un torque de 0,9 N.m

Tabla 3. 2 Datos principales de motor de giro

標準タイプ 1.8 度ステップ Standard Type 1.8-degree/step

*00VS, 00V, 00Wは片軸, 99VS, 99V, 99Wは両軸
*00VS, 00V, 00W : Single shaft 99VS, 99V, 99W : Double shaft

ミネバモータ型式 Minebea Motor Model No.	モータサイズ Motor Size (mm)	ステップ角 Step Angle (度)	定格電流 Rated Current (A)	巻線抵抗 Resistance (Ohms)	ホールディングトルク Holding Torque (mNm)	インダクタンス Inductance (mH)	ローターイナーシャ Rotor Inertia (g・cm ²)	ディテントトルク Detent Torque (mNm)	質量 Mass (g)	許容ラジアル荷重 Permissible Radial Load (N)	許容スラスト荷重 Permissible Thrust Load		
17PM-K053-00VS/99VS	□42×34	1.8	0.85	4.2	170	6.3	37	11	200	20	モータ自重以下 The permissible thrust load shall be no greater than the motor mass.		
17PM-K845-00VS/99VS	□42×40	1.8	1.2	2.9	270	4.0	55	12	300				
17PM-K858-00VS/99VS	□42×40	1.8	0.75	7.4	270	10.0	55	12	300				
17PM-K444-00VS/99VS	□42×48	1.8	1.2	3.3	340	4.1	75	20	350				
17PM-K455-00VS/99VS	□42×48	1.8	0.8	7.3	340	9.7	75	20	350				
23KM-K267-00V/99V	□56×42	1.8	0.9	5.8	480	8.2	120	20	470			モータ自重以下 The permissible thrust load shall be no greater than the motor mass.	
23KM-K251-00V/99V	□56×42	1.8	1.8	1.5	480	2.4	120	20	470				
23KM-K244-00V/99V	□56×42	1.8	2.9	0.6	480	0.9	120	20	470				
23KM-K066-00V/99V	□56×54	1.8	1.0	7	900	15.1	200	34	680				
23KM-K049-00V/99V	□56×54	1.8	2.0	1.7	900	3.5	200	34	680				
23KM-K044-00V/99V	□56×54	1.8	3.0	0.85	900	1.7	200	34	680	54			モータ自重以下 The permissible thrust load shall be no greater than the motor mass.
23KM-K762-00V/99V	□56×76	1.8	1.0	8.6	1,400	17.3	360	50	1,050				
23KM-K748-00V/99V	□56×76	1.8	2.0	2.3	1,400	4.8	360	50	1,050				
23KM-K743-00V/99V	□56×76	1.8	3.0	1.1	1,400	2.2	360	50	1,050				
34KM-K023-00W/99W	□85×68	1.8	1.9	2.8	2,500	8.7	1,200	90	1,800				
34KM-K012-00W/99W	□85×68	1.8	3.0	1.1	2,500	3.4	1,200	90	1,800				
34KM-K006-00W/99W	□85×68	1.8	4.8	0.45	2,500	1.6	1,200	90	1,800				
34KM-K122-00W/99W	□85×96	1.8	1.9	3.9	4,800	15.8	2,400	140	2,900				
34KM-K112-00W/99W	□85×96	1.8	3.0	1.50	4,800	6.9	2,400	140	2,900				
34KM-K106-00W/99W	□85×96	1.8	4.8	0.65	4,800	3.2	2,400	140	2,900				
34KM-K221-00W/99W	□85×124	1.8	2.0	4.9	6,700	21.8	3,700	190	4,000				
34KM-K206-00W/99W	□85×124	1.8	4.8	0.85	6,700	4.5	3,700	190	4,000				
										260			

*ドライブ方式: ユニポーラ
*Drive Sequence: Unipolar

*許容ラジアル荷重は軸先端
*Permissible radial load is at the end of shaft

Fuente: Minebea, 2004, p. 3

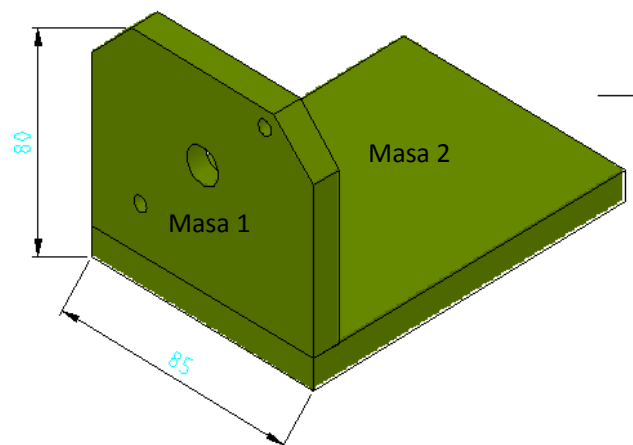
3.1.3. Selección del husillo de bolas horizontal.

Para la selección del husillo de bolas horizontal se requiere tener en cuenta varios parámetros uno de ellos es determinar la carga que va a transferir.

A continuación se procede a calcular la masa de los elementos que conforman el equipo de la misma forma que se procedió con el bocín de sujeción.

3.1.3.1. Masa carrito 1

Figura 3. 7 Carrito 1



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

$$volumen = 0,08 * 0,085 * 0,010,$$

$$volumen = 0,000068 \text{ m}^3$$

$$masa\ 1 = volumen * \delta\ acero\ A36,$$

$$masa\ 1 = 0,000068 \text{ m}^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3}$$

$$masa\ 1 = 0,5338 \text{ Kg}$$

$$volumen = 0,10 * 0,085 * 0,010,$$

$$volumen = 0,000085 \text{ m}^3$$

$$masa\ 2 = 0,000085 \text{ m}^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3};$$

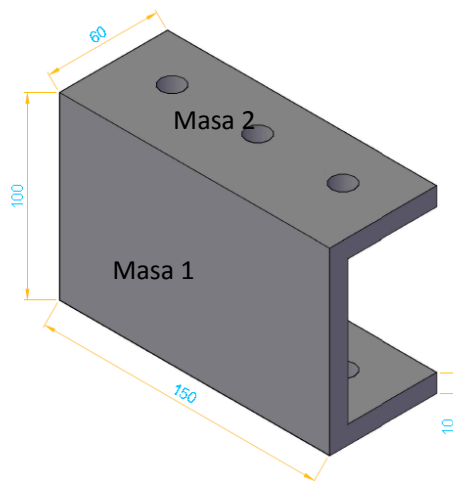
$$masa\ 2 = 0,66725 \text{ Kg}$$

$$masa\ carrito1 = 2(0,5338) + 0,66725 \text{ Kg};$$

$$masa\ carrito1 = 1,735 \text{ Kg}$$

3.1.3.2. Guía 1

Figura 3. 8 Guía 1



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

$$volumen = 0,10 * 0,15 * 0,010,$$

$$volumen = 0,00015 \text{ m}^3$$

$$masa\ 1 = volumen * \delta\ acero\ A36,$$

$$masa\ 1 = 0,00015\ m^3 * 7850\ \frac{Kg}{m^3}$$

$$masa\ 1 = 1,1775\ Kg$$

$$volumen = 0,15 * 0,05 * 0,010;$$

$$volumen = 0,000075\ m^3$$

$$masa\ 2 = 0,000075\ m^3 * 7850\ \frac{Kg}{m^3};$$

$$masa\ 2 = 0,5888\ Kg$$

$$masa\ guia\ 1 = 2(0,5888) + 1,1775Kg;$$

$$masa\ guia\ 1 = 2,3551\ Kg$$

3.1.3.3. Ejes guía 1 (vertical)

Figura 3. 9 Eje guía vertical



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

$$Volumen = \frac{\pi}{4} \varnothing^2 h,$$

$$Volumen = \frac{\pi}{4} (0,0127)^2 0,36$$

$$volumen = 4,5604 \times 10^{-5} m^3$$

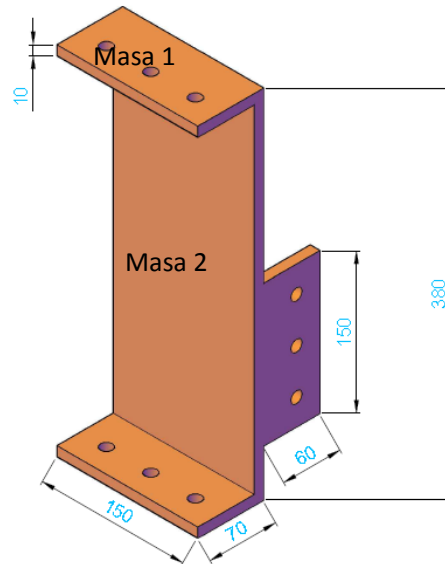
$$masa = volumen * \delta\ acero\ A36,$$

$$masa = 4,5604 \times 10^{-5} m^3 * 7850\ \frac{Kg}{m^3}$$

$$masa = 0,3580 \text{ Kg}$$

3.1.3.4. GUÍA 2

Figura 3. 10 Guía 2



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

$$volumen = 0,07 * 0,15 * 0,010,$$

$$volumen = 0,000105 \text{ m}^3$$

$$masa \ 1 = volumen * \delta \text{ acero A36},$$

$$masa \ 1 = 0,000105 \text{ m}^3 * 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$masa \ 1 = 0,8243 \text{ Kg}$$

$$volumen = 0,36 * 0,15 * 0,010;$$

$$volumen = 0,00054 \text{ m}^3,$$

$$masa \ 2 = 0,00054 \text{ m}^3 * 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3};$$

$$masa \ 2 = 4,239 \text{ Kg}$$

$$volumen = 0,15 * 0,06 * 0,010;$$

$$volumen = 0,00009 \text{ m}^3$$

$$masa \ 3 = 0,00009 \text{ m}^3 * 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3};$$

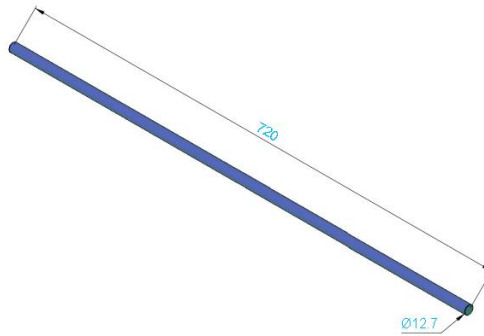
$$masa \ 3 = 0,7065 \text{ Kg}$$

$$masa \text{ guía } 2 = 2(0,8243) + 4,24 + 2(0,7065)Kg;$$

$$masa \text{ guía } 2 = 7,3016 \text{ Kg}$$

3.1.3.5. Ejes guías 2 (horizontal)

Figura 3. 11 Ejes guías horizontales



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

$$Volumen = \frac{\pi}{4} \phi^2 h, \quad Volumen = \frac{\pi}{4} (0,0254)^2 1$$

$$volumen = 5.0670 \times 10^{-4} m^3$$

$$masa = volumen * \delta \text{ acero A36},$$

$$masa = 5.0670 \times 10^{-4} m^3 * 7850 \frac{Kg}{m^3}$$

$$masa = 3,9776 \text{ Kg}$$

3.1.3.6. Masa total a transferir por el husillo de bolas

En la tabla 3.3 se observa cada uno de las masa que tendrá cada uno de los componentes del equipo.

Tabla 3. 3 Masa del equipo

ÍTEM	ELEMENTO	MASA (Kg)	CANTIDAD	TOTAL
1	Torcha	0,332	1	0,332
2	Bocín sujeción	1,5105	1	1,5105
3	Motor 1	0,24	1	0,24
4	Carrito 1	1,735	1	1,735
5	Guía 1	2,3551	1	2,3551
6	Eje guía 1	0,358	2	0,716
7	Guía 2	6,594	1	7,3016
8	Eje guía 2	0,9944	2	1,9888
9	Motor 2	1,12	2	2,24
10	Accesorios	3,5	1	3,5
Total kg				21,919

Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

Se elevará al inmediato superior la masa total obtenida y se trabajará con 22 Kg, la misma se expresará en unidades de fuerza (N), para realizar los cálculos necesarios.

$$Peso\ equipo = masa\ (Kg) * gravedad;$$

$$Peso\ equipo = 22\ Kg * 9,81\ m/s^2$$

$$Peso\ equipo = 215,82\ N$$

3.1.3.7. Carga media constante (Fm)

Cuando un husillo soporta cargas variables durante su trabajo, es necesario calcular la carga media constante, para el caso el peso del equipo es constante y se lo considera como Fm. (Ecuacion 2. Pag. 46 catálogo SKF anexo 1)

$$Fm = \frac{(F_1^3 L_1 + F_2^3 L_2 + F_3^3 L_3 + \dots)^{\frac{1}{3}}}{(L_1 + L_2 + L_3 + \dots)^{\frac{1}{3}}}$$

$$Fm = \frac{(F_1^3 L_1)^{\frac{1}{3}}}{(L_1)^{\frac{1}{3}}};$$

$$Fm = \sqrt[3]{\frac{F_1^3 L_1}{L_1}};$$

$$Fm = \sqrt[3]{\frac{215,82^3 * 1000}{1000}}$$

$$Fm = 215,82 \text{ N}$$

3.1.3.8. Coeficiente de carga dinámica.

Para poder seleccionar el husillo de bolas es necesario conocer la carga dinámica básica que actúa en los rodamientos, (recomendado por SKF), tomando en cuenta que la misma es directamente proporcional a la vida útil del rodamiento (10^6 revoluciones trabajando a condiciones normales). L_{10} (Ecuación 1 Pág. 46 catálogo SKF anexo 1)

$$L_{10} = \left(\frac{Ca}{Fm}\right)^3$$

$$\sqrt[3]{L_{10}} = \frac{Ca}{Fm};$$

$$Ca = Fm * \sqrt[3]{L_{10}}$$

$$Ca = 215,82 \text{ N} * \sqrt[3]{10^6};$$

$$Ca = 21582 \text{ N};$$

$$Ca = 21,58 \text{ KN}$$

Una vez determinado Ca se seleccionará el husillo de bolas horizontal apropiado para el equipo, se hará uso del catálogo de producto de la marca SKF (páginas 20 y 21 Husillos universales SX/BX), más detalles se puede observar en los anexos adjuntos.

Tabla 3. 4 Características husillo de bolas SX/BX

Diámetro nominal	Paso derecha	Longitud máxima	Coeficientes de carga		Número de circuitos de bolas	Juego axial máximo	Máxima reducción del juego axial (bajo demanda)	Par de precarga BX Promedio T_p	Peso de la tuerca	Peso del husillo (eje)	Inercia del eje del husillo por metro	Referencia
d_0	P_h		C_d	C_{0a}								
mm	mm	mm	kN	kN	—	mm	mm	Nm	kg	kg/m	kgmm ²	
20	5	4700	14,5	24,4	4	0,10	0,05	0,10	0,27	2,0	85	SX/BX 20 x 5 R
25	5	4700	19,4	37,8	5	0,10	0,05	0,17	0,49	3,3	224	SX/BX 25 x 5 R
25	10	4700	25,8	43,7	4	0,12	0,08	0,23	0,56	3,2	255	SX/BX 25 x 10 R
32	5	5700	22,1	50,5	5	0,10	0,05	0,25	0,55	5,6	641	SX/BX 32 x 5 R
32	10	5700	28,9	55,7	4	0,12	0,08	0,32	0,79	5,6	639	SX/BX 32 x 10 R
40	5	5700	24,1	63,2	5	0,10	0,05	0,34	0,66	9,0	1639	SX/BX 40 x 5 R
40	10	5700	63,6	127,1	5	0,12	0,08	0,64	1,35	8,4	1437	SX/BX 40 x 10 R
50	10	5700	81,9	189,1	6	0,12	0,08	1,02	2,10	13,6	3736	SX/BX 50 x 10 R
63	10	5700	91,7	243,5	6	0,12	0,08	1,44	2,90	22,0	9913	SX/BX 63 x 10 R

Fuente: SKF, 2005-2008, p. 20

Se puede observar en la tabla 3.4 que el husillo que se aproxima a nuestro C_a corresponde al husillo de bolas de rosca laminada. Tuerca con recirculación interna SX/BX 32 x 5 R.

3.1.3.9. Cálculo de la deflexión del husillo horizontal

Se considerará para los cálculos de los husillos tanto vertical como horizontal los materiales detallados en la tabla 3.5

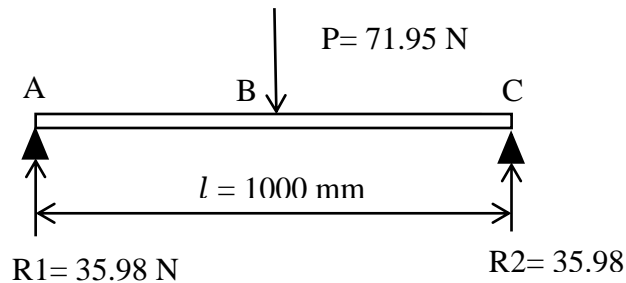
Tabla 3. 5 Materiales del husillo

ELEMENTO	MATERIAL	MÓDULO DE ELASTICIDAD E (N/mm ²)	TRATAMIENTO	DUREZA (HRC)
Husillo	AISI 1055	210000	Temple inducción	58 - 62
Tuerca	AISI 8620	207000	Carburación temple revenido	60 - 62
Bolas	AISI 52100	200000	-	62 - 65

Fuente: NIASA, 2003, p. 3

La figura 3.12 muestra las fuerzas que actúan sobre el husillo de bolas horizontal esto permite realizar el respectivo análisis de deflexión considerando como apoyos simples

Figura 3. 12 Diagrama cuerpo libre husillo horizontal



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

$$y_{max} = -\frac{P l^3}{48 E I}$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64}$$

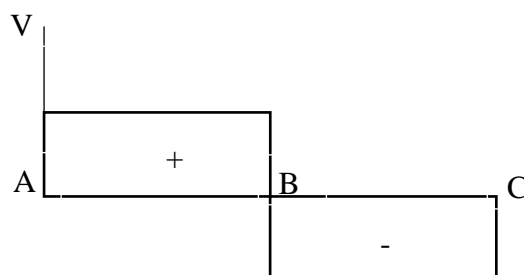
$$I = \frac{\pi 32^4 \text{ mm}^4}{64}$$

$$I = 51471.85 \text{ mm}^4$$

$$y_{max} = -\frac{71.95 \text{ N } 1000^3 \text{ mm}^3 \text{ mm}^2 64}{48 210000 \text{ N } \pi 32^4 \text{ mm}^4}$$

$y_{max} = -0,138 \text{ mm}$

Figura 3. 13 Diagrama de cortante



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

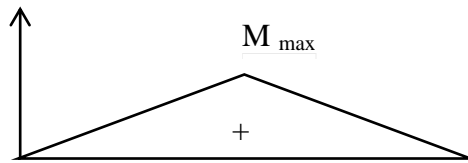
$$V_{AB} = R1$$

$$V_{AB} = 35.98 \text{ N}$$

$$V_{BC} = -R2$$

$$V_{BC} = -35.98 \text{ N}$$

Figura 3. 14 Diagrama de momentos



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

$$M_{max} = \frac{1}{4} P l$$

$$M_{max} = \frac{1}{4} 71,95 N \ 1000 mm$$

$$M_{max} = 17987,5 Nmm$$

$$\sigma_{flexión} = \frac{10 M_{max}}{D^3}$$

$$\sigma_{flexión} = \frac{10 \ 17987,5 N \ mm}{32^3 mm^3}$$

$$\sigma_{flexión} = 5,489 N/mm^2$$

$$\sigma_{permisible} = 165 N/mm^2$$

$$\sigma_{flexión} < \sigma_{permisible}$$

3.1.4. Selección del husillo de bolas vertical.

Para la selección del husillo de bolas que realizará el desplazamiento vertical se considera solo el peso de los elementos que conforman el carrito guía 1 y que se muestra en la tabla 3.6.

Tabla 3. 6 Masa carrito guía 1

ÍTEM	ELEMENTO	MASA (Kg)	CANTIDAD	TOTAL
1	Torcha	0,332	1	0,332
2	Bocín sujeción	1,5105	1	1,5105
3	Motor 1	0,24	1	0,24
4	Carrito 1	1,735	1	1,735
5	Guía 1	2,3551	1	2,3551
10	Accesorios	3,5	1	3,5
			Total kg	9,6726

Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

De igual forma se aproxima al inmediato superior es decir 10 Kg y se expresa en unidades de fuerza.

$$\text{Peso carrito 1} = 10 \text{ Kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2};$$

$$\text{Peso carrito 1} = 98,1 \text{ N}$$

$$Fm = 98,1 \text{ N}$$

3.1.4.1. Coeficiente de carga dinámica

L_{10} (Ecuación 1 Pag. 46 catálogo SKF anexo 1)

$$L_{10} = \left(\frac{Ca}{Fm} \right)^3$$

$$\sqrt[3]{L_{10}} = \frac{Ca}{Fm};$$

$$Ca = Fm * \sqrt[3]{L_{10}}$$

$$Ca = 98,1 \text{ N} * \sqrt[3]{10^6};$$

$$Ca = 9810 \text{ N} ; \quad Ca = 9,81 \text{ KN}$$

Para este caso la selección del husillo se realizará en las paginas 14 y 15 del catálogo SKF (Husillo miniatura SD/BD), más detalles en los anexos adjuntos.

La tabla 3.6 indica que el husillo recomendado según la carga dinámica básica para el desplazamiento vertical es el de tipo SD/BD 16X10 R

Tabla 3. 7 Especificaciones husillos de bolas serie SD/BD

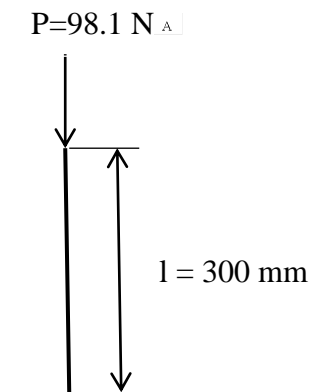
Diámetro nominal	Paso derecha	Longitud máxima	Coeficientes de carga		Número de circuitos de bolas	Juego axial máximo	Máxima reducción del juego axial (bajo demanda)	Peso de la tuerca	Peso del husillo (eje)	Inercia del eje del husillo por metro	Referencia
d_0	P_h		C_d	C_{da}							
mm	mm	mm	kN	kN	—	mm		kg	kg/m	kgmm ²	
8	2,5	1000	2,2	2,6	3	0,07	0,03	0,025	0,32	2,1	SD/BD 8x2,5 R
10	2	1000	2,5	3,5	3	0,07	0,03	0,030	0,51	5,2	SD/BD 10x2 R
10	4	1000	4,5	5,4	3	0,07	0,03	0,040	0,43	3,8	SD/BD 10x4 R
12	2	2000	2,9	4,6	3	0,07	0,03	0,023	0,67	10,0	SD/BD 12x2 R
12	4	2000	5,0	6,5	3	0,07	0,03	0,066	0,71	10,8	SD/BD 12x4 R
12	5	2000	4,2	5,3	3	0,07	0,03	0,058	0,71	10,1	SD/BD 12x5 R
14	4	2000	6,0	9,0	3	0,07	0,03	0,083	1,05	22,0	SD/BD 14x4 R
16	2	2000	3,3	6,2	3	0,07	0,03	0,100	1,40	39,7	SD/BD 16x2 R
16	5	2000	7,6	10,5	3	0,07	0,03	0,135	1,30	33,9	SD/BD 16x5 R
16	10	2000	10,7	17,0	2x1,8	0,07	0,03	0,160	1,21	30,7	SD/BD 16x10 R

Fuente: SKF, 2005-2008, p. 20

3.1.4.2. Cálculo del pandeo del husillo vertical

Se considerará al husillo vertical como una columna extremo libre-empotrado ($c=1/4$; $l_0=2l$) para determinar el esfuerzo efectivo por pandeo que será mayor al esfuerzo de compresión, para esto se encontrará el momento de inercia I y la esbeltez λ .

Figura 3. 15 Diagrama fuerzas husillo vertical



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

$$I = \frac{P l_o n_E}{\pi^2 E};$$

$$I = \frac{98.1 \text{ N } 600^2 \text{ mm}^2 \cdot 7 \text{ mm}^2}{\pi^2 210000 \text{ N}}$$

$$I = 119.28 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_c = \text{Esfuerzo de compresión} = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_c = \frac{98.1 \text{ N } 4}{\pi 15.2^2 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_c = 0.54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda = l_o \sqrt{\frac{A}{I}};$$

$$\lambda = 600 \text{ mm} \sqrt{\frac{\pi 15.2^2 \text{ mm}^2}{4 119.28 \text{ mm}^4}};$$

$$\lambda = 722.22$$

$$\text{limite } \lambda \text{ acero (ST37 - ST52)} = 600 - 100$$

$$\lambda > \text{limite } \lambda \text{ acero}$$

Entonces σ_p : Esuerzo efectivo por pandeo, se determina con la fórmula de Euler

$$\sigma_p = \frac{\pi E I}{l_o^2 A};$$

$$\sigma_p = \frac{\pi 210000 \text{ N } 119,28 \text{ mm}^4}{600^2 \text{ mm}^2 \text{ mm}^2 181.46 \text{ mm}^2};$$

$$\sigma_p = 1,20 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma_c < \sigma_p$$

Se comprueba el que el diámetro del husillo es el correcto, para lo cual es necesario determinar P_{cr} (fuerza crítica)

$$P_{cr} = \frac{c \pi^2 E I}{l^2};$$

$$P_{cr} = \frac{1 \pi^2 210000 \text{ N } 119.28 \text{ mm}^4}{4 300^2 \text{ mm}^2 \text{ mm}^2};$$

$$P_{cr} = 686.72 \text{ N}$$

$$d = \left(\frac{64 P_{cr} l^2}{\pi^3 c E} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$d = \left(\frac{64 686,71 \text{ N } 300^2 \text{ mm}^2 \text{ mm}^2}{\pi^3 \frac{1}{4} 210000 \text{ N}} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$d = 7,02 \text{ mm}$$

3.1.5. Dimensionamiento de motor desplazamiento horizontal

Uno de los factores importantes en el diseño de la máquina, es el par motor necesario para el accionamiento, en el caso de los husillos, para lo cual se debe tener el máximo conocimiento de todos los valores de carga que influyen en los mismos, para seleccionar el motor adecuado se tomará como referencia las fórmulas que recomienda SKF para la selección de sus productos.

Eficiencia teórica (η) (Ecuación 6 Pag. 47 catálogo SKF anexo 1)

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\pi * do}{Ph} * \mu} ; \quad \eta = \frac{1}{1 + \frac{\pi * 32}{5} * 0,006} ; \quad \eta = 0,8923$$

- Eficiencia práctica (η_p) (Ecuación 7 Pag. 47 catálogo SKF anexo 1)

$$\eta_p = \eta * 0,9 \quad ; \quad \eta_p = 0,8923 * 0,9 \quad ; \quad \eta_p = 0,8031$$

- Par de entrada en estado de reposo (Nm) (Ecuación 8 Pag. 47 catálogo SKF anexo 1)

$$T = \frac{F * Ph}{2000 * \pi * \eta_p} \quad ; \quad T = \frac{215,82 * 5}{2000 * \pi * 0,8031} \quad ; \quad T = 0,2138 \text{ Nm}$$

- Velocidad crítica del eje del husillo n_{cr} (rpm) (Ecuación 3 Pag. 46 catálogo SKF anexo 1)

$$n_{cr} = 490 \times 10^5 * \frac{f_1 d_2}{l^2} \quad ; \quad n_{cr} = 490 \times 10^5 * \frac{3,8 * 28,7}{900^2}$$

$$n_{cr} = 6597,46 \text{ rpm} \quad ; \quad \text{incluido factor seguridad torque d (0,8)} \quad ; \quad n_{cr} = 5277,965$$

- Potencia requerida en estado de reposo (W) (Ecuación 9 Pag. 47 catálogo SKF anexo 1)

$$P = \frac{F * n * Ph}{60000 * \eta_p} \quad ; \quad P = \frac{215,82 * 5277,965 * 5}{60000 * 0,8031} \quad ; \quad P = 118,197 \text{ W}$$

3.1.5.1. Selección motor desplazamiento horizontal

Para hacer girar el husillo que se utilizará para el desplazamiento vertical es necesario utilizar un motor con un torque de 0,21 Nm; debido a que en lo posterior este sistema se utilizará para otras aplicaciones la empresa decide adquirir un motor de mayor dimension al calculado, las caraterísticas del mismo se puede observar en la tabla 3.8, de la cual se ha seleccionado el motor 86BYGH118 similar al 86BYGH114, que se encuentra montado en la máquina.

Tabla 3. 8 Ficha datos motor desplazamiento horizontal

■ Types of 2-phase stepper motors

Drive	Compatible motor	Step Angle (°)	Length (mm)	Holding torque (N.m)	Phase current (A)	Phase resistor(Ω)	Phase inductance (mH)	Rotor inertia (g.cm ²)	Shaft diameter (mm)	Weight (kg)
DP-504	42BYGH038	1.8	38	0.26	1.2	3.3	3.2	54	5.0	0.28
DP-504	42BYGH047	1.8	47	0.32	1.2	3.3	2.8	68	5.0	0.35
DP-504	57BYGH051	1.8	51	0.76	3	0.74	0.9	275	6.35	0.65
DP-504	57BYGH056	1.8	56	0.9	3	0.75	1.1	300	6.35	0.7
DP-504	57BYGH076	1.8	76	1.35	3	1.0	1.6	480	6.35	1
DP-504/DP-508	86BYGH065	1.8	65	3.3	2.8	1.4	3.9	1000	9.5	1.7
DP-508/DP-708	86BYGH080	1.8	80	4.5	4.2	0.8	3.4	1400	12.7	2.3
DP-508/DP-708	86BYGH118	1.8	118	8.5	4.2	1.2	6.0	2700	12.7	3.8
DP-508/DP-708	86BYGH156	1.8	156	12	4.2	1.25	8.0	4000	12.7	5.4
DP-708	110BYGH099	1.8	99	8.5	5.5	0.9	1.0	5500	16	5
DP-708	110BYGH115	1.8	115	12	6	0.33	1.1	7200	16	6
DP-708	110BYGH150	1.8	150	21	6.5	0.58	1.3	10900	16	8.4

Fuente: Xinje, 2008, p.4

3.1.6. Dimensionamiento de motor desplazamiento vertical

De la misma forma se procede a dimensionar el motor que se necesita para obtener el desplazamiento vertical

- Eficiencia teórica (η) (Ecuación 6 Pag. 47 catálogo SKF anexo 1)

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\pi * d_o}{Ph} * \mu} ; \quad \eta = \frac{1}{1 + \frac{\pi * 16}{10} * 0,006} ; \quad \eta = 0,9707$$

- Eficiencia práctica (η_p) (Ecuación 7 Pag. 47 catálogo SKF anexo 1)

$$\eta_p = \eta * 0,9 ; \quad \eta_p = 0,9707 * 0,9 ; \quad \eta_p = 0,8736$$

- Par de entrada en estado de reposo (Nm) (Ecuación 8 Pag. 47 catálogo SKF anexo 1)

$$T = \frac{F * Ph}{2000 * \pi * \eta_p} ; \quad T = \frac{98,1 * 10}{2000 * \pi * 0,8736} ; \quad T = 0,1787 \text{ Nm}$$

- Velocidad crítica del eje del husillo n_{cr} (rpm) (Ecuación 3 Pag. 46 catálogo SKF anexo 1)

$$n_{cr} = 490 \times 10^5 * \frac{f_1 d_2}{l^2} ; \quad n_{cr} = 490 \times 10^5 * \frac{3,8 * 12,6}{380^2}$$
$$n_{cr} = 16247,37 \text{ rpm} ; \quad \text{incluido factor seguridad (0,8)} ; \quad n_{cr} = 12997,8$$

- Potencia requerida en estado de reposo (W) (Ecuación 9 Pag. 47 catálogo SKF anexo 1)

$$P = \frac{F * n * Ph}{60000 * \eta_p} ; \quad P = \frac{98,1 * 12997,8 * 10}{60000 * 0,8736} ; \quad P = 243,26 \text{ W}$$

3.1.6.1. Selección motor desplazamiento vertical

El par necesario para poder desplazar en sentido vertical la torcha es de 0,178 Nm, se elegirá de las varias opciones que se puede encontrar en el mercado local un motor con las características detalladas en la tabla 3.9 Nema 23, 23H2A Stepper Motors - 57mm(1.8 degree).

Tabla 3. 9 Ficha datos motor desplazamiento vertical

Details										
Electrical Specifications:										
Series Model	Old P/N	Motor Length (mm)	Rated Current (A)	Phase Resistance (ohm)	Phase Inductance (mH)	Holding Torque (N.cm Min)	Detent Torque (N.cm Max)	Rotor Inertia (g.cm ²)	Lead Wire (No.)	Motor Weight (g)
23H2A3610	23HS0601	41	1.0	5.2	5.5	40	2.5	150	6	470
23H2A3406	23HS0405	41	0.62	12	24	55	2.5	150	4	470
23H2A3420	23HS0408	41	2.0	1.2	2.5	55	2.5	150	4	470
23H2A4406	23HS4412	45	0.62	12	26	80	2.8	190	4	520
23H2A4425	23HS4425	45	2.5	1.0	2.2	80	2.8	190	4	520
23H2A5406	23HS5406	51	0.62	13	28	90	2.8	190	4	560
23H2A5410	23HS5410	51	1.0	5.8	17	90	2.8	190	4	560
23H2A5425	23HS5425	51	2.5	1.2	3.2	90	2.8	190	4	560
23H2A5608	23HS5602	51	0.8	6.8	9.2	70	3.0	230	6	560
23H2A6615	23HS6602	56	1.5	3.2	5.5	80	3.5	280	6	680
23H2A6425	23HS6403	56	2.5	1.2	4.8	110	3.5	280	4	680
23H2A6430	23HS6430	56	3.0	0.8	2.4	110	3.5	280	4	680
23H2A6442	23HS6404	56	4.2	0.4	1.2	110	3.5	280	4	680
23H2A6415	23HS6415	56	1.5	3.6	13.8	110	3.5	280	4	680
23H2A7410	23HS7401	64	1.0	7.5	20	150	5.0	380	4	850
23H2A7425	23HS7425	64	2.5	1.5	4.5	150	5.0	380	4	850
23H2A7430	23HS7430	64	3.0	0.8	2.3	150	5.0	380	4	850
23H2A7442	23HS7404	64	4.2	0.55	1.2	150	5.0	380	4	850
23H2A8615	23HS8603	76	1.5	4.5	7.8	140	6.0	440	6	1050
23H2A8425	23HS8425	76	2.5	1.8	6.5	180	6.0	440	4	1050
23H2A8430	23HS8430	76	3.0	1.0	3.5	180	6.0	440	4	1050
23H2A8442	23HS8404	76	4.2	0.6	1.8	180	6.0	440	4	1050
23H2A1430	23HS1430	100	3.0	1.4	5.5	250	10	680	4	1400
23H2A1442	23HS1410	100	4.2	0.8	3.0	250	10	680	4	1400
23H2A2430	23HS2430	112	3.0	1.6	6.8	280	12	800	4	1700
23H2A2442	23HS2410	112	4.2	0.9	3.8	280	12	800	4	1700

Fuente: Motionking, 2009, p 3

3.1.7. Diseño soportes mesa

A continuación se justifica los soportes colocado debajo del tol de la mesa se considerará únicamente el que está ubicado bajo el porta charola que es donde se concentra la carga.

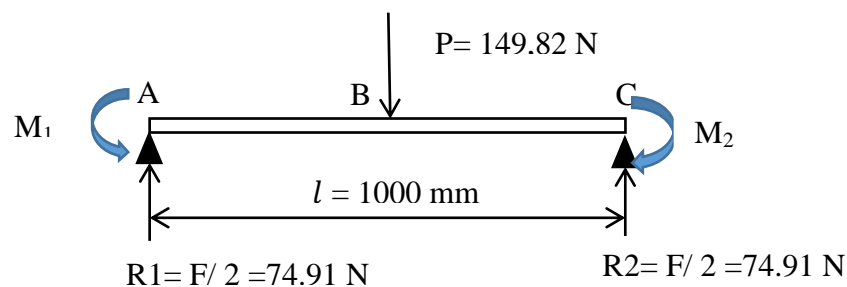
Se considera como una viga con apoyos fijos con carga central que será el peso del porta charola

$$P_{\text{porta charola}} = 15.27 \text{ kg} * 9.81 \text{ N/m}^2$$

$$P_{\text{porta charola}} = 149.82 \text{ N}$$

$$I_{\text{ángulo}} = 128000 \text{ mm}^4$$

Figura 3. 16 Diagrama de fuerzas viga con apoyos fijos



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

$$y_{max} = -\frac{P l^3}{198 E I}$$

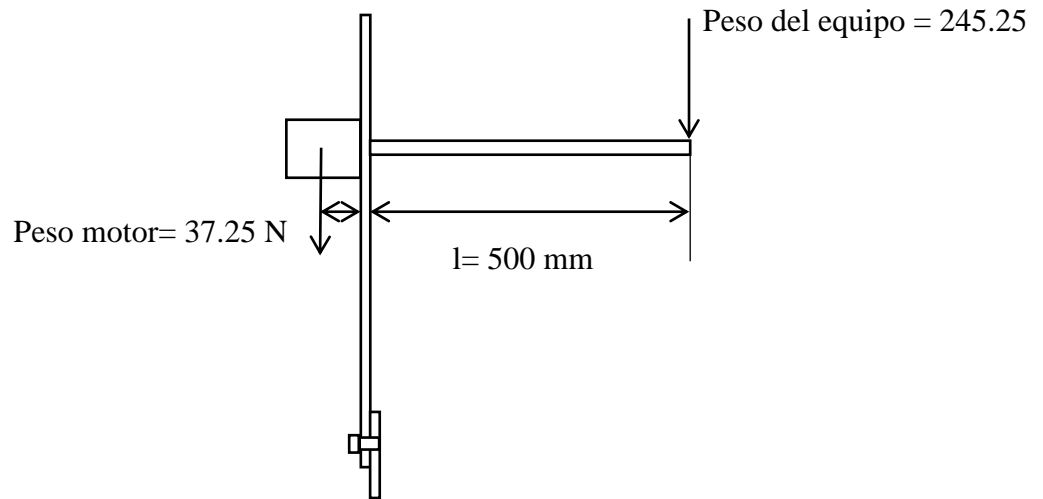
$$y_{max} = -\frac{149.82 \text{ N } 1000^3 \text{ mm}^3 \text{ mm}^2}{192 \text{ 200000 N } 128000 \text{ mm}^4}$$

$$y_{max} = -3.048 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

3.1.8. Diseño soporte laterales.

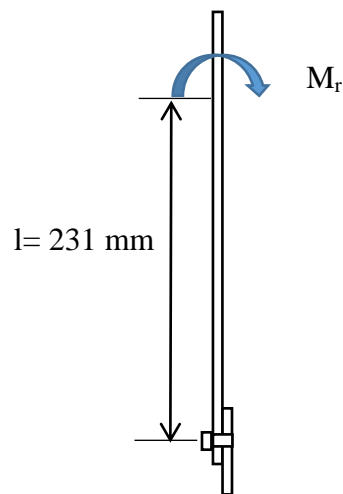
Las placas laterales sirven de soporte tanto de las guías, el motor y el husillo horizontal, a continuación se justifica el espesor de las placa demostrando que los momentos que soporta no la hará flexionar.

Figura 3. 17 Esquema de fuerzas placa lateral



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

Figura 3. 18 Sistema equivalente fuerzas



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

$$\sum M_r = M_{Equipo} - M_{motor}$$

$$\sum M_r = 245.25 \text{ N } 500 \text{ mm} - 37.28 \text{ N } 59 \text{ mm}$$

$$\sum M_r = 120425,48 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{max} = \frac{6 M_r}{b h^2}$$

$$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot 120425,48 \text{ Nmm}}{200 \cdot 10^2 \text{ mm}}$$

$$\sigma_{max} = 36.127 \text{ N/mm}$$

$$\sigma_{permissible} = 250 \text{ N/mm}$$

$$\sigma_{max} < \sigma_{permissible}$$

3.2. Diseño sistema de automatización.

Una máquina o un proceso que se lo realiza de forma manual, es posible automatizarlo mediante la implementación de elementos eléctricos y electrónicos, obteniendo un sistema versátil y confiable.

En el presente trabajo se hará uso de motores paso a paso, con sus respectivos controladores, los mismos que mediante microprocesadores serán comandados para obtener el giro, los desplazamientos horizontal y vertical que nos permitirán realizar la unión de las charolas con la soldadura TIG, mientras que todo el proceso será activado mediante un PLC.

3.2.1. Selección de los elementos del equipo

A continuación se detalla las características relevantes de cada uno de los componentes que se utiliza para realizar la automatización de nuestra máquina.

3.2.1.1. Motor 1 (giro)

Marca: Minebea

Modelo: 23 KM-K066/49/44-00V/99V

Torque: 0,9 Nm

Tipo: paso a paso

Controlador: genérico fabricación nacional

3.2.1.2. Motor 2 (desplazamiento vertical)

Marca: Motion king

Modelo: Nema 23H2A

Torque: 2.3Nm

Tipo: paso a paso

Controlador: genérico fabricación nacional

3.2.1.3. Motor 3 (desplazamiento horizontal)

Marca: XINJE

Modelo: 86BYGH114

Torque: 8.5 Nm

Tipo: paso a paso

Controlador: dp-508

3.2.1.4. Plc

Marca: Telemecanique

Modelo: ZELIOSR3B261FU

Voltaje: 100 A 200 VAC

Entradas: 16

Salidas: 10

3.3. Diseño de sistema de control

Se observa en la figura 3.10 el esquema del programa con el que llevara a cabo el proceso de soldadura, el cual se obtiene directo del software de programación.

Tabla 3. 10 Esquema de control

No	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Contacto 4	Contacto 5	Bobina	Comentario
001	tF	I2	t7	m2		f M1	
002		MARCHA M1				TT1	
003						TT2	
004						TT3	
005						TT4	
006						TT5	
007						TT6	
008		T6	t7			TT7	
009		T3	t4			TT8	
010	M1	t1				f Q3	MOTOR 3 derecha horizontal
011	T1	t2				f Q1	MOTOR 1 Vertical ascendente
012	T9	tA					
013	Q1	t6	tE			f QA	BOQUILLA DE SUELDA LA SUELDA
014	QA						
015	T2	t3				f Q2	MOTOR 2 Giro Horario
016	T4	t5					
017		TD	tE			f Q6	MOTOR 1 Vertical Decendente
018	T5	t6					
019	T8					f M2	
020	M2						
021	I2	M2				f M3	
022	MARCHA M3					TT9	
023						TTA	
024						TTB	
025						TTC	
026						TTD	
027	TE					TTE	
028		TB	tC			TTF	
029	M3	t9				f Q4	
030	TA	tB				M3 H lz f Q5	
031		TC	tD			M2 G ant H	

3.3.1. Secuencia del esquema de control

1. El equipo enciende al oprimir botón I1 desactivando el fin de carrera I9 (Fc1)
2. Se activa el controlador Q3 el cual recorre 30mm hasta su posición inicial pulsando así el fin de carrera I2 (Fc2)
3. Se activa el equipo de soldadura y el control electrónico Q1 (motor 1 movimiento vertical ascendente)
4. El motor 1 se mueve hasta activar el fin de carrera I3 (Fc3) y se detiene.
5. El mismo I3 activa el controlador Q2 (motor 2 giro horario 90°)
6. El motor 2 gira y se detiene al llegar a un fin de carrera I4 (Fc4).
7. El mismo fin de carrera I4 activa el controlador Q3 (motor 3 movimiento horizontal)
8. Llega a un fin de carrera I5 (Fc5) y se detiene el motor.
9. El I5 activa nuevamente el controlador Q2 (motor 2 giro horario 90° más)
10. El motor 2 gira y se detiene al activar el fin de carrera I6 (Fc6).
11. El fin de carrera I6 activa el controlador Q6 (motor 1 movimiento vertical descendente) hasta llegar a un fin de carrera I7 (Fc7) y se detiene.
12. Al llegar al I7 el equipo que desconecta al controlador Q6 y el equipo de soldadura y activa al controlador Q3 desplazándolo 30mm hasta llegar al fin de carrera I8 (Fc8) el cual desconecta al controlador Q3 y finaliza la operación.
13. Para iniciar nuevamente el proceso desde el punto finalizado se realiza lo siguiente:
14. El equipo enciende al oprimir botón verde I1 desactivando el fin de carrera I8 (Fc8)
15. Se activa el controlador Q3 el cual recorre 30mm hasta su posición inicial pulsando así el fin de carrera I7 (Fc7)
16. El fin de carrera I7 activa el equipo de soldadura y el control electrónico Q6 (motor 1 movimiento vertical ascendente)
17. El motor 1 se mueve hasta activar el fin de carrera I6 (Fc6) y se detiene.
18. El mismo I6 activa el controlador Q2 (motor 2 giro horario 90°)
19. El motor 2 gira y se detiene al llegar a un fin de carrera I5 (Fc5).
20. El mismo fin de carrera I5 activa el controlador Q3 (motor 3 movimiento horizontal)

21. Llega a un fin de carrera I4 (Fc4) y se detiene el motor.
 22. El fin de carrera I4 activa nuevamente el controlador Q2 (motor 2 giro horario 90° más)
 23. El motor 2 gira y se detiene al activar el fin de carrera I3 (Fc3).
 24. El fin de carrera I6 activa el controlador Q6 (motor 1 movimiento vertical descendente) hasta llegar a un fin de carrera I2 (Fc2) y se detiene.
 25. Al llegar al I2 el equipo que desconecta al controlador Q6 y el equipo de soldadura y activa al controlador Q3 desplazándolo 30mm hasta llegar al fin de carrera I9 (Fc1) el cual desconecta al controlador Q3 y finaliza la operación.
- Todo el proceso puede detenerse oprimiendo un paro general IA, el cual hace que el equipo se quede en ese sitio.
 - Además oprimiendo el paro general IA permite retornar manualmente a su posición inicial.

3.4. Descripción del proceso de ensamble de las charolas con la soldadura automatizada

A continuación se detalla el proceso que siguen las charolas hasta llegar a ser parte de los paneles radiadores de los transformadores.

- Las charolas son moldeadas y cortadas por medio de una matriz previamente configurada con las medidas y forma necesaria.

Foto 3. 1 Charolas obtenidas en matricería



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

- Se une las charolas provisionalmente por medio de un proceso de suelda de resistencia para fijarlas en la posición correspondiente.

Foto 3. 2 . Charolas unidas por suelda de resistencia



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

- Colocar las charolas sobre el soporte de la máquina y posicionar la antorcha en el punto de inicio del proceso con la ayuda del panel de posicionamiento manual.

Foto 3. 3 Charolas y antorcha en posición de inicio del proceso



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

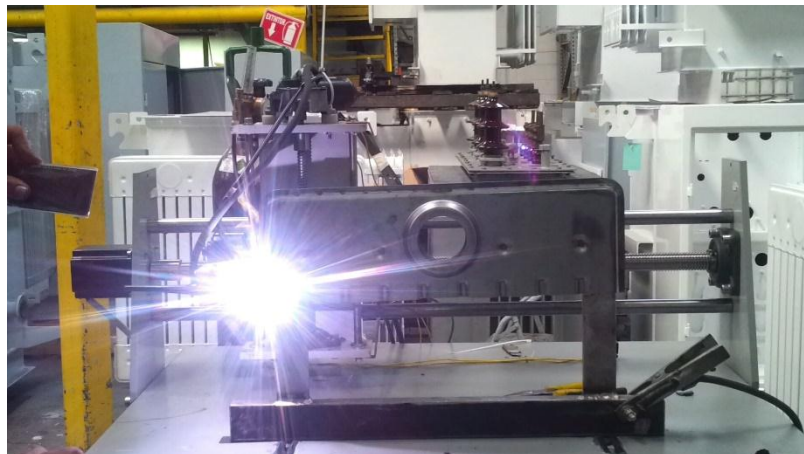
Foto 3. 4 Tablero de control y panel de posicionamiento manual



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

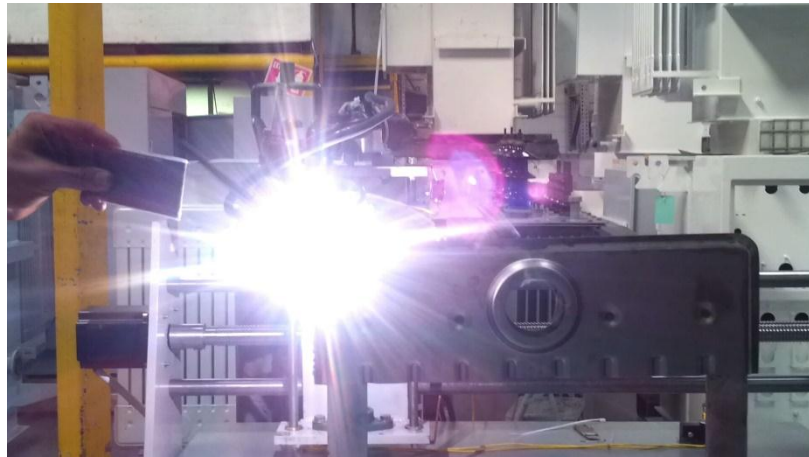
- La máquina arranca el ciclo siguiendo el proceso que se muestra a continuación.

Foto 3. 5 Unión vertical de abajo hacia arriba



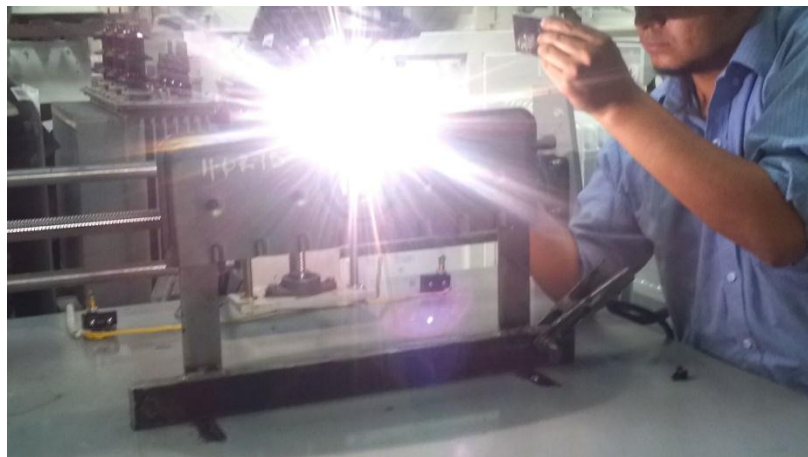
Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

Foto 3. 6 Unión sentido horario



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

Foto 3. 7 Unión horizontal izquierda derecha



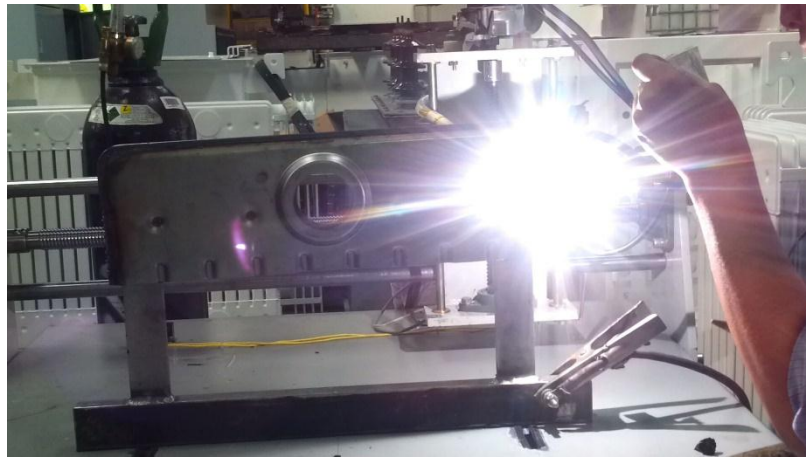
Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

Foto 3. 8 Unión sentido anti horario



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

Foto 3. 9 Unión vertical de arriba hacia abajo



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

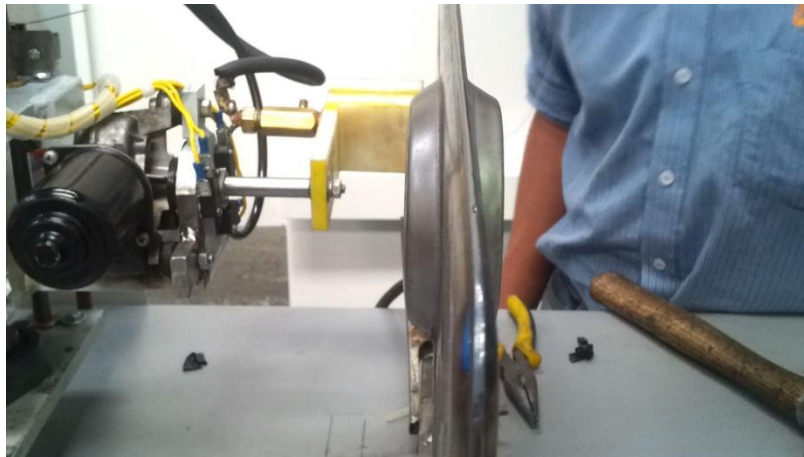
Foto 3. 10 Fin de proceso



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

- El proceso se repite en la misma secuencia en sentido contrario es decir se puede montar charolas nuevas para realizar una nueva unión.

Foto 3. 11 Unión resultante



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

Foto 3. 12 Charola lista para ser ensamblada con el cuerpo del panel radiador



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

3.5. Resultados de ensayos realizados

Tabla 3. 11 Resultados de ensayos

ENSAYO	TIEMPO	AMPERAJE	CAUDAL ARGÓN	RESULTADO
1	1min 55 seg	95	10 CFM	No favorable: se produce fundición de la charola
2	1min 55 seg	90	10 CFM	No favorable: existe acumulación de material fundido sobre la superficie
3	1min 55 seg	80	10 CFM	Favorable: pese al buen aspecto de las uniones rectas no se logra la unión de los contornos curvos
4	1min 55 seg	78	10 CFM	Muy favorable: existe un cordón homogéneo sobre la superficie
5	1min 55 seg	60	10 CFM	Poco favorable: la unión no es la adecuada en ninguna de las superficies

Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

Realizados varios ensayos se puede observar en la tabla 3.11 que depende de varios factores obtener un resultado visual óptimo, en el caso del ensayo # 4 cumple con las expectativas requeridas, para validar esta primera inspección es necesario someter a pruebas neumáticas de presión para verificar la hermeticidad de las mismas, para ello se ensambla el panel completo, sellando las aberturas de los cuellos con empaques y prensas, se aplica una presión de aire a 7 PSI y se sumerge en agua determinando si existen fallas en las costuras de la soldadura.

Aprobado el control se procede a ensamblar los paneles hasta formar el radiador con el número necesario según el tipo de transformador.

Tabla 3. 12 Tabla de tiempos luego de la implementación de la máquina

T. operación	T. reproceso	T. inspección	T. sin reproceso	T. total	Producción mensual	Reproceso mensual
1,55	0	0	0	1,55	2449	0

Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

3.6. Instructivo de operación.

3.6.1. Objeto

Establecer un instructivo de operaciones de la máquina “SOLDADORA TIG DE BANDEJAS DE ENFRIAMIENTO DE TRANSFORMADORES”

3.6.2. Comprobación visual de la máquina

La máquina está equipada con un control de encendido (botón verde) y otro de paro de emergencia (perilla roja), de un panel de control de posicionamiento manual de la torcha y luces piloto que indican el estado de la máquina (luz verde máquina energizada, luz roja máquina parada)

Foto 3. 13 Control encendido y paro de emergencia



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

Foto 3. 14 Panel de control manual



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

Foto 3. 15 Luces piloto



Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

- Ubicar la ubicación en la máquina de los elementos antes mencionados.
- Cerciorarse que la torcha y el mecanismo de sujeción de la charola se encuentren ajustado y calibrados.
- Verificar que la máquina soldadora TIG, genere arco y libere argón, realizando una prueba antes de ubicarla en la máquina.
- Verificar que el tanque de argón se encuentre con una presión mínima de 40 PSI.
- Verificar que la varilla de tungsteno no contenga impurezas.
- Realizar un ciclo en vacío de la trayectoria para verificar la calibración de los fines de carrera.

3.6.3. Operación

1. Verificar que la máquina se encuentre energizada con la ayuda de las luces piloto.
2. Comprobar el funcionamiento del botón de paro de emergencia realizando un ciclo en vacío de la trayectoria.
3. Verificar el estado del manómetro del tanque de argón y calibrar en 10 CFM el flujo metro.
4. Colocar la torcha en el bocín de sujeción.
5. Encender y calibrar la maquina TIG a 78 Amp (recomendado).
6. Colocar las charolas en el mecanismo de sujeción.
7. Ubicar la tocha en el punto de inicio del ciclo, con la ayuda del panel de posicionamiento manual y con el botón de paro de emergencia activado.

8. Desactivar el botón de paro de emergencia y realizar un recorrido apagando el equipo TIG para verificar que la trayectoria sea la correcta.
9. Repetir el paso 7.
10. Encender el equipo TIG.
11. Abrir la llave de paso de argón de la tocha.
12. Pulsar el botón verde para iniciar el ciclo.
13. Al terminar el ciclo la máquina se detendrá, proceda a cambiar de charola.
14. Pulse el botón verde, la máquina repetirá el ciclo pero en sentido contrario.
15. Repita el paso 13

En caso de presentarse alguna falla en la trayectoria presionar el paro de emergencia, repetir el procedimiento desde el paso 7 obviando el paso 8.

CAPÍTULO IV

CÁLCULO DE COSTOS

Este capítulo contiene los gastos en los que se incurrió para la elaboración de la máquina, tomando en cuenta que por tratarse de un equipo financiado por la empresa RVR TRANSFORMADORES, la misma cubrió todos los gastos de materiales e insumos ocupados en el equipo.

Los respaldos de dichos gastos como facturas y documentos de descargo reposan en los archivos contables de la fábrica para su debida justificación.

4.1. Costos de mano de obra

Tabla 4. 1 Costos de mano de obra

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	Hora hombre torno	24	2,15	51,6
2	Hora máquina torno	24	12	288
3	Hora hombre fresadora	32	2,15	68,8
4	Hora máquina fresadora	32	15	480
5	Hora hombre pintura	16	2,15	34,4
6	Hora máquina pintura	16	10	160
			Subtotal	1082,8
			IVA 12%	129,936
			Total	1212,736

Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

4.2. Costos de materiales e insumos

Tabla 4. 2 Costos insumos y materiales

ITEM	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES	DIMENSIONES	CANTIDAD	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	Motor 1 (giro)	N/A	Estandar de suministro	1	13,39	13,39
2	Motor 2 (vertical)	N/A	Estandar de suministro	1	13,3	13,3
3	Motor 3 + controlador(horizantal)	N/A	Estandar de suministro	1	480	480
4	Contro para motores 1 y 2	Fabricación nacional	N/A	2	26,79	53,58
5	Husillo vertical	BD 16X10 380.00/380.00 G7 -AA	Estandar de suministro	1	1179,06	1179,06
6	Husillo horizontal	BX 32X5 1000.00/1000.00 G7 -AA	Estandar de suministro	1	1484,3	1484,3
7	NTN UCFL201-008 D1 SOPORTE	N/A	Estandar de suministro	1	17,06	17,06
8	NTN UCFL206-102 D1 SOPORTE	N/A	Estandar de suministro	1	21,1	21,1
9	Bronce fosfórico	25mm	3,4 kg	1	53,02	53,02
10	Acero de transmisión	01-feb	3,5 kg	1	6,61	6,61
11	Acero plata	16mm	2,1 mts	1	47,4	47,4
12	Carrete de electrodo MIG	Alambre tubular 71V 045/1,2	Estandar de suministro	1	3,63	3,63
13	Placa acero A36	Norma ASTM A-36	2000X12	1	205,46	205,46
14	Tubo para mesa	Norma ASTM A-500	Cuad. 50X3,5	2	20	40
15	Pintura (gl)	Sigmadr 550	N/A	0,5	418,67	209,335
16	Diluyente	Tinner 2106	N/A	0,25	25,97	6,4925
17	Equipo TIG	N/A	N/A	1	800	800
					Subtotal	4633,7375
					IVA 12%	556,0485
					Total	5189,786

Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

4.3. Costos de fabricación

Tabla 4. 3 Costos de fabricación

Ítem	Descripción	Valor total
1	Costo materiales e insumos	5189,79
2	Costo mano de obra	1212,74
3	Imprevistos	300
	Total	6702,53

Elaborado por: Kleber Alomoto, Roberto Carrera

CONCLUSIONES

- Se demostró que todo proceso industrial donde sea necesario la intervención de la mano del hombre, puede ser automatizado, acoplando, rediseñando o adaptando a la maquinaria respectiva, elementos eléctricos y electrónicos, permitiendo realizar el mismo trabajo con resultados más confiables. Esta tesis es un ejemplo de ello.
- Observando el proceso que hacía el operario durante la unión de los paneles radiadores, se estableció que se requería solo de tres posicionamientos de la torcha para lograr dicho propósito, siendo estos: el desplazamiento vertical, el giro y el desplazamiento horizontal en un solo plano. Es por ello que se desarrolló una estructura tipo riel que recorre los contornos laterales y superior, y un giro en su propio eje para los bordes superiores de las charolas, mientras la soldadura TIG realiza la unión de las placas.
- El software utilizado en la programación del equipo, permitió realizar modificaciones en la programación antes de llevarlos al PLC, de fácil comprensión y uso.
- Con el proceso automatizado de soldadura, se obtuvo una unión homogénea alrededor del perímetro de las charolas, pudiéndose superar una primera inspección visual, sin embargo el paso siguiente del proceso es someter a dichos casquetes a pruebas neumáticas para asegurar su hermeticidad.
- Las pruebas realizadas sugirieron la sustitución de los motores dimensionados para el sistema de giro y de translación vertical, por motores utilizados en el sistema de elevación de vidrios de autos que cumplen con la misma funcionalidad que los que se determinó en los cálculos.
- La implantación del equipo permite aumentar la producción en un 36% más que en el proceso realizado en forma manual, con un cordón de alta calidad eliminando los reprocesos.

RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis costo – beneficio tomando como base el costo aproximado del equipo que bordea los USD 7000 dólares, para determinar en qué porcentaje mejoró la producción al disminuir el tiempo de unión de las charolas.
- Realizar un análisis en el mercado local sobre disponibilidad inmediata o posterior, de los elementos necesarios para el diseño del sistema de translación transversal que se tiene planificado implementar en el equipo construido.
- Elaborar un diagrama secuencial de las ordenes necesarias que permita en un futuro que el equipo sea capaz de unir tantas placas, como sean estas distribuidas en la mesa de apoyo, realizando la misma secuencia que se usó para unir el primer panel, mientras que el operario sólo se encargará de colocar las charolas a unir en los distintos mecanismos de sujeción que se encuentren en la mesa.
- Debe elaborarse un programa de mantenimiento mecánico, eléctrico electrónico del equipo, que no es parte del presente trabajo.

LISTA DE REFERENCIAS

- Ehu.(2001).Autómatas Programables. Recuperado el 24 de Julio del 2014 de:
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/index.htm>
- Jeffus L. (2009). Soldadura principios y aplicaciones. España. Paraninfo, Quinta edición,
- Piedrafita R. Ingeniería de la automatización industrial. México. Alfaomega.
- Cetrisa.(2009).Tipos de materiales. Recuperado el 20 de marzo del 2014 de:
<http://www.regulator-etrisa.com/esp/magnetism.php?section=foucault>
- Flower L. (2007). Diseño y Programación con Autómata Programable o PLC, tomo IV. Colombia. Alfaomega.
- Demaquinasyherramientas. (2004).Que es una soldadura SMAW. Recuperado el 16 de enero del 2014 de:
<http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-smaw-que-es-y-procedimiento>
- Solysol. (2012). Soldadura MIG MAG. Recuperado el 23 de agosto del 2014 de:
<http://solysol.com.es/data/documents/SoldaduraMIGMAG.pdf>
- Galeon. (2002). Soldadura TIG. Recuperado el 16 de enero del 2014 de:
http://www.canbus.galeon.com/soldadura/soldadura_tig.htm
- Ecured. (2001). Transportador tornillo sin fin. Recuperado el 28 de julio del 2013 de: http://www.ecured.cu/index.php/Transportador_de_tornillo_sin_fin
- Thomson. (2000). Husillo de bolas. Recuperado el 11 de agosto del 2014 de:
http://www.thomsonlinear.com/website/esm/esm/products/ball_screws_and_lead_screws/ball_screws.php
- Scribd.(2011). Motorreductores, servomotores y sensores. Recuperado el 4 de diciembre 2014 de de: <http://www.scribd.com/doc/22046750/Motorreductores-servomotores-y-sensores>
- Tecnoficio. (2013). Soldadura TIG. Recuperado el 28 de Julio del 2014 de:
http://www.tecnoficio.com/soldadura/soldadura_TIG.php
- Ingemecanica. (2014).Soldadura TIG. Recuperado el 17 de julio de 2014 de:
<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn52>

ANEXO 1

**FÓRMULAS RECOMENDADAS POR SKF PARA EL
DIMENSIONAMIENTO DE HUSILLOS**

Fórmulas para cálculos

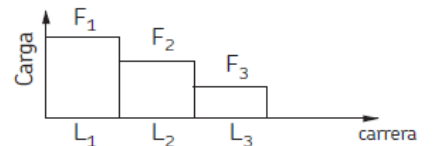
1. Coeficientes de carga dinámica (N) y coeficientes de duración de vida

$$L_{10} = \left(\frac{C_a}{F_m} \right)^3 \text{ or } C_{req} = F_m (L_{10})^{1/3}_{req}$$

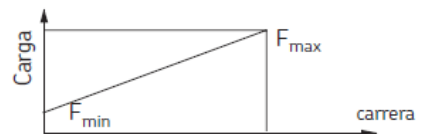
L_{10} = vida (en millones de revoluciones)
 C_a = coef. de carga dinámica básica
 C_{req} = coef. de carga dinámica requerida
 F_m = carga media constante (N)

2. Carga media constante (N)

$$F_m = \frac{(F_1^3 L_1 + F_2^3 L_2 + F_3^3 L_3 + \dots)^{1/3}}{(L_1 + L_2 + L_3 + \dots)^{1/3}}$$



$$F_m = \frac{F_{min} + 2F_{max}}{3}$$



3. Velocidad crítica del eje del husillo (sin factor de seguridad) (rpm)
 (generalmente se recomienda un factor de 0,8)

$$n_{cr} = 490 \cdot 10^5 \cdot \frac{f_1 d_2}{l^2}$$

d_2 = diámetro del fondo de la rosca (mm)
 l = longitud, o distancia entre el centro de los rodamientos soporte. (see page 6)
 f_1 = 0,9 ●● fijo, libre
 3,8 ●●● fijo, con soporte
 5,6 ●●●● fijo, fijo

4. Velocidad límite del mecanismo (velocidad máxima aplicada durante cortos periodos de tiempo)

Por ejemplo: $n \times d_0 < 50\,000$ con recirculación por desviadores (SH-SD/BD-SX/BX-SN/BN/PN-SND/BND/PND)
 $n \times d_0 < 90\,000$ con recirculación a través de la brida (SL/BL-SLD/BLD)
 si $> 50\,000/90\,000$, consultar con SKF

n = revoluciones por minuto
 d_0 = diámetro nominal del eje del husillo

5. Carga de compresión (pandeo) (con un factor de seguridad : 3) (N)

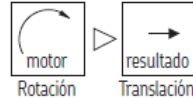
$$F_c = \frac{34000 \cdot f_3 \cdot d_2^4}{l^2}$$

d_2 = diámetro del fondo de la rosca (mm)
 l = longitud, o distancia entre el centro de los rodamientos soporte. (see page 6)
 f_3 = factor de corrección del montaje
 0,25 ●● fijo, libre
 1 ●●● con soporte, con soporte
 2 ●●●● fijo, con soporte
 4 ●●●●● fijo, fijo

Fórmulas para cálculos

6. Eficacia teórica

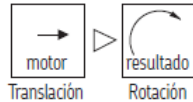
- directa (η)



$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\pi \cdot d_0}{P_h} \mu}$$

μ = 0,0065 for SH
 μ = 0,006 for SD, SX, SL, SN, SND, BD, BX, BN, BL, PN, PND
 d_0 = diámetro nominal del eje del husillo
 P_h = paso (mm)

- indirecta (η')



$$\eta' = 2 - \frac{1}{\eta}$$

7. Eficacia práctica (η_p)

$$\eta_p = \eta \cdot 0,9$$

El coeficiente utilizado de 0,9 es un promedio entre la eficacia práctica de un husillo nuevo y la realizada por un husillo usado correctamente. Se debería utilizar para aplicaciones industriales bajo condiciones de trabajo normales. Para casos extremos, consultar con SKF.

8. Par de entrada en estado de reposo (Nm)

$$T = \frac{F \cdot P_h}{2000 \cdot \pi \cdot \eta_p}$$

F = carga máxima del ciclo (N)
 P_h = paso (mm)
 η_p = eficacia práctica

9. Potencia requerida en estado de reposo (W)

$$P = \frac{F \cdot n \cdot P_h}{60000 \cdot \eta_p}$$

n = revoluciones por minuto

10. Par de precarga (Nm)

$$T_{pr} = \frac{F_{pr} \cdot P_h}{1000 \cdot \pi} \left(\frac{1}{\eta_p} - 1 \right)$$

F_{pr} = fuerza de precarga entre una tuerca y el eje (N)

Fórmulas para cálculos

11. Par de frenado (Nm)
(considerando un sistema reversible)

$$T_B = \frac{F \cdot P_h \cdot \eta'}{2000 \cdot \pi}$$

F = carga (N)
Por seguridad, podemos utilizar la eficacia teórica indirecta.
 η' = eficacia indirecta

12. Par de motor nominal en la aceleración (Nm)

Para un husillo horizontal

$$T_t = T_f + T_{pr} + \frac{P_h [F + m_L \cdot \mu_f \cdot g]}{2000 \cdot \pi \cdot \eta_p} + \dot{\omega} \Sigma I$$

Para un husillo vertical

$$T_t = T_f + T_{pr} + \frac{P_h [F + m_L \cdot g]}{2000 \cdot \pi \cdot \eta_p} + \dot{\omega} \Sigma I$$

T_f = Par producido por la fricción en los soportes de rodamiento, motor, obturaciones, etc...

T_{pr} = par de precarga (Nm)

μ_f = coeficiente de fricción

η_p = eficacia directa real

$\dot{\omega}$ = aceleración angular (rad/s²)

m_L = masa de la carga (kg)

g = aceleración de la gravedad (9,8 m/s²)

ΣI = $I_M + I_L + I_S \cdot l \cdot 10^{-9}$

13. Par de frenado nominal en la deceleración (Nm)

Para un husillo horizontal

$$T_t = T_f + T_{pr} + \frac{P_h \cdot \eta' [F + m_L \cdot \mu_f \cdot g]}{2000 \cdot \pi} + \dot{\omega} \Sigma I$$

Para un husillo vertical

$$T_t = T_f + T_{pr} + \frac{P_h \cdot \eta' [F + m_L \cdot g]}{2000 \cdot \pi} + \dot{\omega} \Sigma I$$

$$I_L = m_L \left(\frac{P_h}{2\pi} \right)^2 10^{-6}$$

η' = eficacia indirecta teórica

I_M = inercia del motor (kgm²)

I_S = inercia del eje del husillo por metro (kgmm²/m)

l = longitud (mm)

Para más información, contactar con SKF.

ANEXO 2 ESPECIFICACIONES HUSILLOS UTILIZADOS

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL

Husillos universales SX/BX



Estándar



Recirculación



Según plano

Husillos de bolas de rosca laminada. Tuerca con recirculación interna.

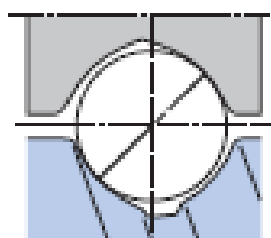
Versión estándar: con guía de recirculación en material compuesto

Versión especial: con guía de recirculación en acero, el cual puede actuar como mecanismo de seguridad, para requerimientos severos o aplicaciones verticales

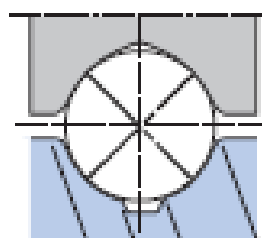
Contactar con SKF.

- Diámetro nominal de 20 a 63 mm
- Paso: de 5 a 10 mm
- Cuerpo cilíndrico de diámetro mínimo para facilitar el montaje
- Agujero de lubricación para engrasadores manuales, o automáticos tipo sistema 24 de SKF, posicionado según la rosca ISO
- Tuerca con juego axial
- El eje roscado puede ser fosfatado bajo demanda
- Rascadores disponibles
- Eliminación de juego con bolas sobredimensionadas bajo demanda (referencia BX)
- Bridas para tuercas disponibles
- Accesorios de montaje: FLBU - PLBU y BUF (ver páginas de la 40 a la 45)

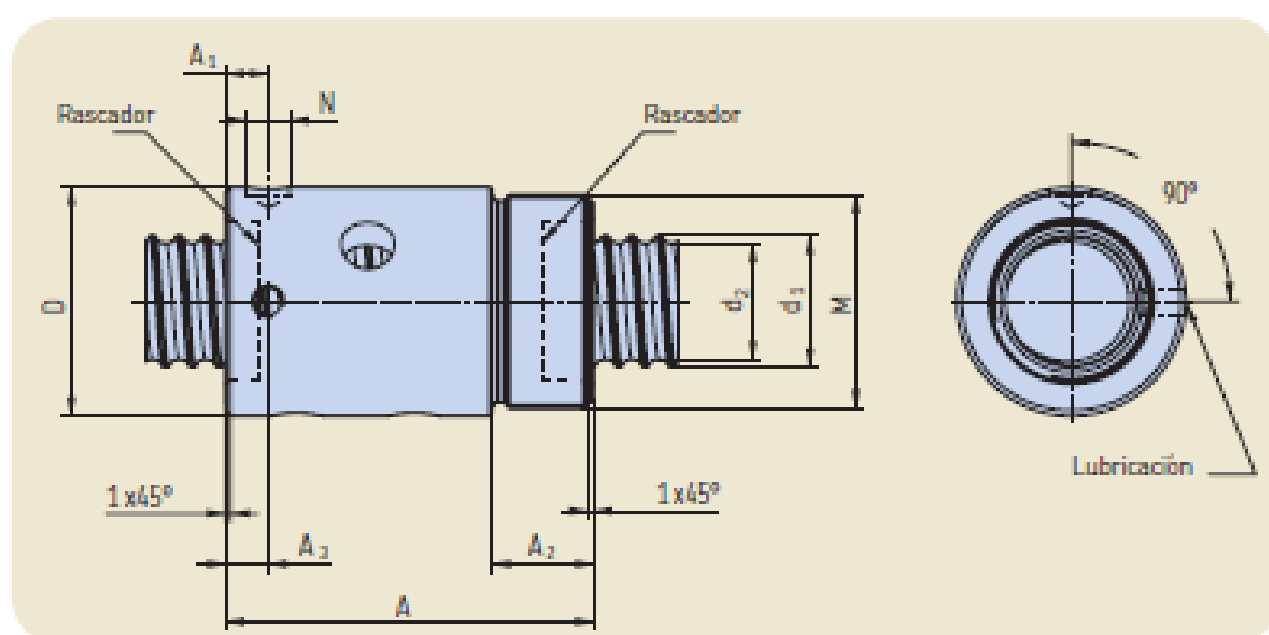
Diámetro nominal	Paso derecho	Longitud mínima	Coeficientes de carga		Número de circuitos de bolas	Juego axial máximo	Máxima reducción del juego axial (bajo demanda)	Par de precarga BX Promedio T_p	Peso de la tuerca	Peso del husillo (ajo)	Inercia del ajo del husillo por metro	Referencia
d_1	P_h		C_0	C_{0a}								
mm	mm	mm	kN	kN	—	mm	mm	Nm	kg	kg/m	kgmm ²	
20	5	4700	14,5	24,4	4	0,10	0,05	0,10	0,27	2,0	85	SWBX 20 x 5 R
25	5	4700	19,4	37,8	5	0,10	0,05	0,17	0,49	3,3	224	SWBX 25 x 5 R
25	10	4700	25,8	43,7	4	0,12	0,08	0,23	0,56	3,2	255	SWBX 25 x 10 R
32	5	5700	22,1	50,5	5	0,10	0,05	0,25	0,55	5,6	641	SWBX 32 x 5 R
32	10	5700	28,9	55,7	4	0,12	0,08	0,32	0,79	5,6	639	SWBX 32 x 10 R
40	5	5700	24,1	63,2	5	0,10	0,05	0,34	0,66	9,0	1639	SWBX 40 x 5 R
40	10	5700	63,6	127,1	5	0,12	0,08	0,64	1,35	8,4	1437	SWBX 40 x 10 R
50	10	5700	81,9	189,1	6	0,12	0,08	1,02	2,10	13,6	3736	SWBX 50 x 10 R
63	10	5700	91,7	263,5	6	0,12	0,08	1,44	2,90	22,0	9913	SWBX 63 x 10 R



SX



BX



Referencia	Eje del husillo		Tuerca					Agujero de lubricación		Llave de apriete	
	d ₂	d ₁	D p13	M kg	A	A ₂	Q	A ₁		N	A ₁
—	mm								—	mm	
SX/BX 20 x 5 R	16,7	19,4	38	M35 x 1,5	54	14	M6 x 1	8	HN5	8	8
SX/BX 25 x 5 R	21,7	24,6	43	M40 x 1,5	69	19	M6 x 1	8	HN6	8	8
SX/BX 25 x 10 R	20,5	24,6	43	M40 x 1,5	87	19	M6 x 1	15	HN6	8	15
SX/BX 32 x 5 R	28,7	31,6	52	M48 x 1,5	64	19	M6 x 1	8	HN7	8	8
SX/BX 32 x 10 R	27,8	32,0	54	M48 x 1,5	95	19	M6 x 1	15	HN7	8	15
SX/BX 40 x 5 R	36,7	39,6	60	M56 x 1,5	65	19	M6 x 1	8	HN9	8	8
SX/BX 40 x 10 R	34,0	39,4	65	M60 x 2,0	105	24	M8 x 1	15	HN9	8	15
SX/BX 50 x 10 R	44,0	49,7	78	M72 x 2,0	135	29	M8 x 1	15	HN12	8	15
SX/BX 63 x 10 R	57,0	62,8	93	M85 x 2,0	135	29	M8 x 1	15	HN14	8	15

Referencia: ver página 49

Husillo miniatura SD/BD

DESPLAZAMIENTO VERTICAL



Estándar



Recirculación



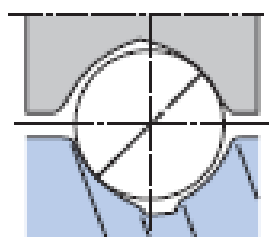
Según plano

Funcionamiento suave y excelente reversibilidad con la nueva tuerca SD de recirculación interna.

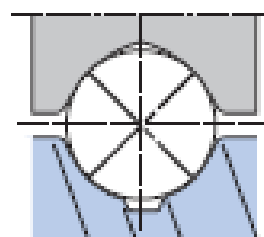
- Diámetro nominal de 8 a 16 mm
- Paso: de 2 a 5 mm
- Tuerca cilíndrica con extremo roscado: fácil montaje
- Excelente repetitividad, alta capacidad de posicionamiento
- Recirculación interna mediante desviadores: funcionamiento suave y buena reversibilidad
- Eliminación de juego con bolas sobredimensionadas bajo demanda (referencia BD)
- Dispositivo de seguridad opcional (*): 12x4R - 14x4R - 16x5R
- Rascadores opcionales (*): para todas las medidas
- Husillo resistente a la corrosión (ver página 16)

(*) No es posible suministrar dispositivo de seguridad y rascadores a la vez en el mismo sistema.

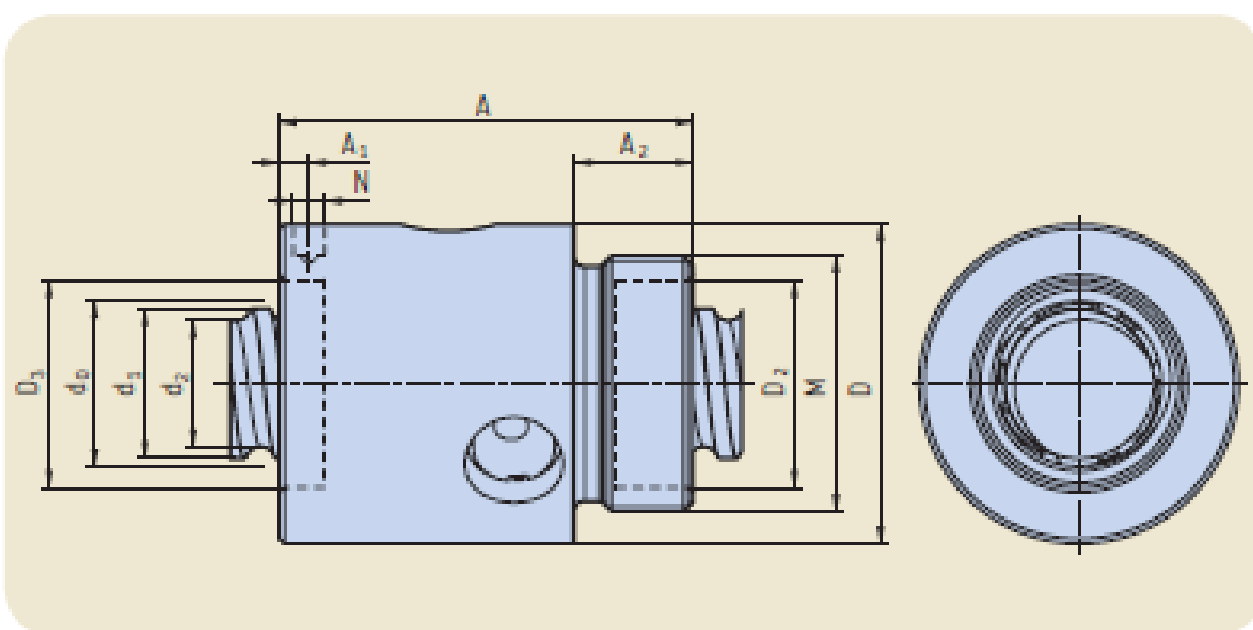
Diámetro nominal	Paso derecho	Longitud máxima	Coeficientes de carga		Número de circuitos de bolas	Juego axial máximo	Máxima reducción del juego axial (bajo demanda)	Peso de la tuerca	Peso del husillo (eje)	Inercia del eje del husillo por metro	Referencia
d_c	P_d		C_d	C_{ax}							
mm	mm	mm	kN	kN	—	mm		kg	kg/m	kgmm ²	
8	2,5	1000	2,2	2,6	3	0,07	0,03	0,025	0,32	2,1	SD/BD 8x2,5 R
10	2	1000	2,5	3,5	3	0,07	0,03	0,030	0,51	5,2	SD/BD 10x2 R
10	4	1000	4,5	5,4	3	0,07	0,03	0,040	0,43	3,8	SD/BD 10x4 R
12	2	2000	2,9	4,6	3	0,07	0,03	0,023	0,67	10,0	SD/BD 12x2 R
12	4	2000	5,0	6,5	3	0,07	0,03	0,066	0,71	10,8	SD/BD 12x4 R
12	5	2000	4,2	5,3	3	0,07	0,03	0,058	0,71	10,1	SD/BD 12x5 R
14	4	2000	6,0	9,0	3	0,07	0,03	0,083	1,05	22,0	SD/BD 14x4 R
16	2	2000	3,3	6,2	3	0,07	0,03	0,100	1,40	39,7	SD/BD 16x2 R
16	5	2000	7,6	10,5	3	0,07	0,03	0,135	1,30	33,9	SD/BD 16x5 R
16	10	2000	10,7	17,0	2x1,8	0,07	0,03	0,160	1,21	30,7	SD/BD 16x10 R



SD



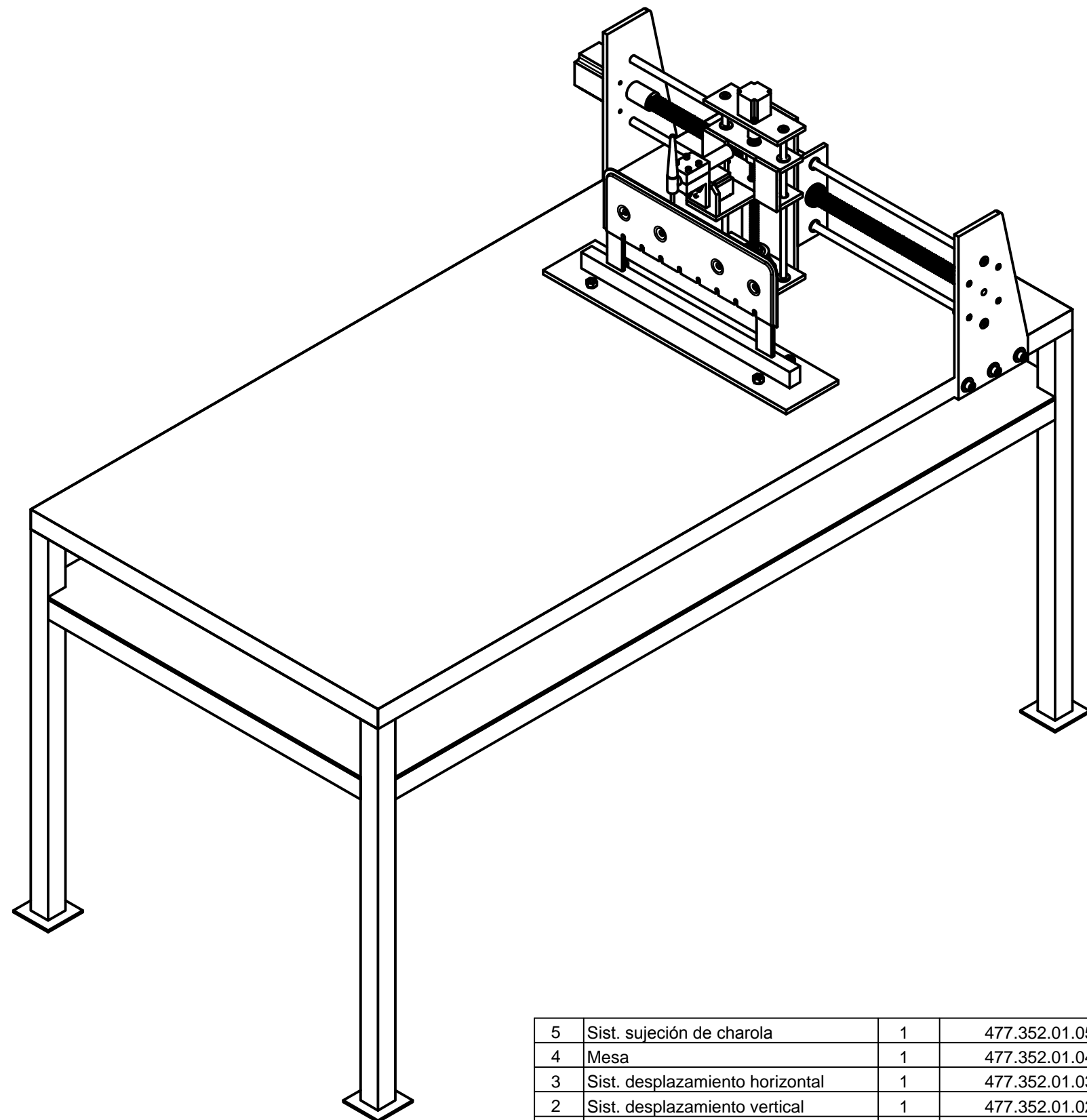
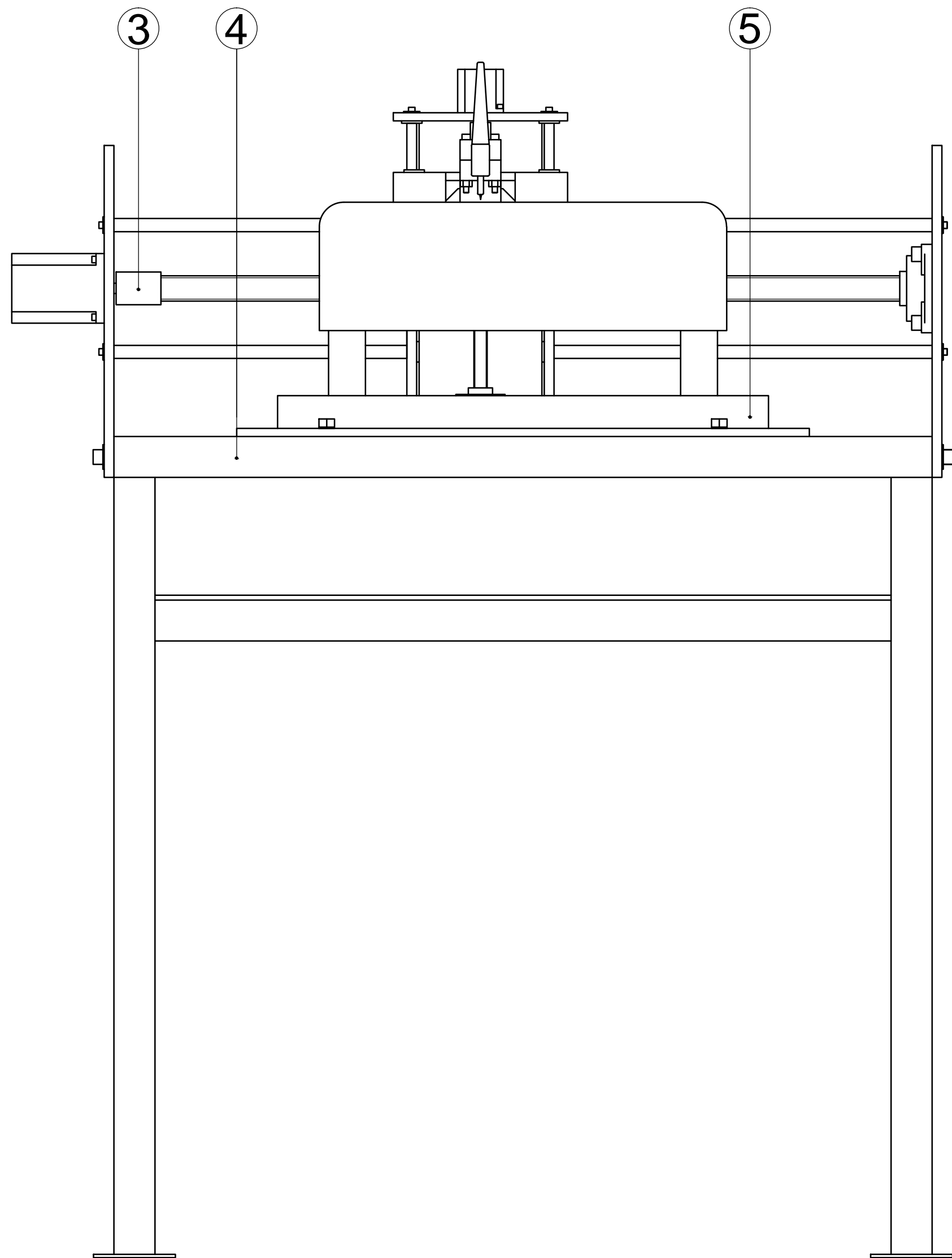
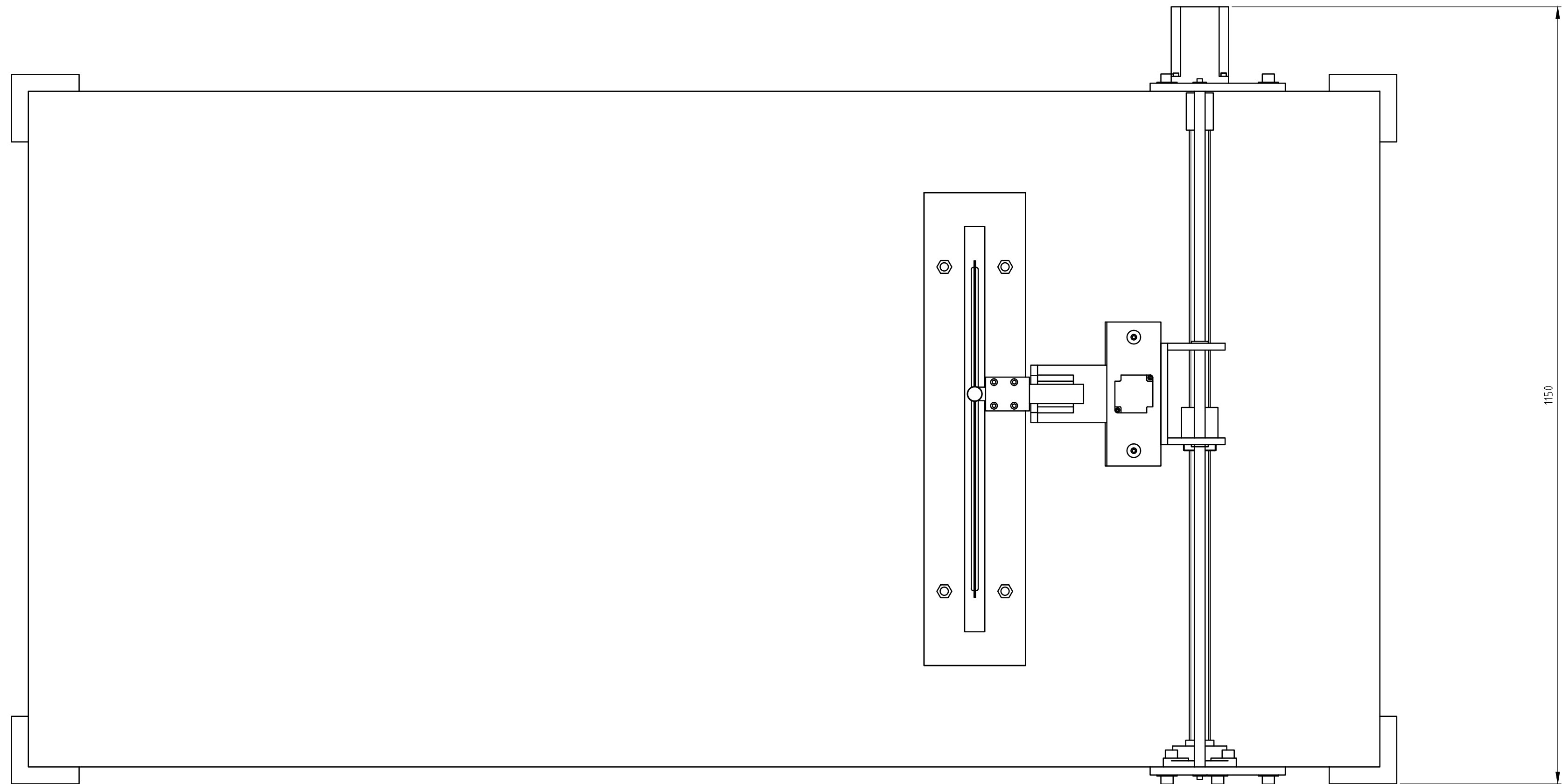
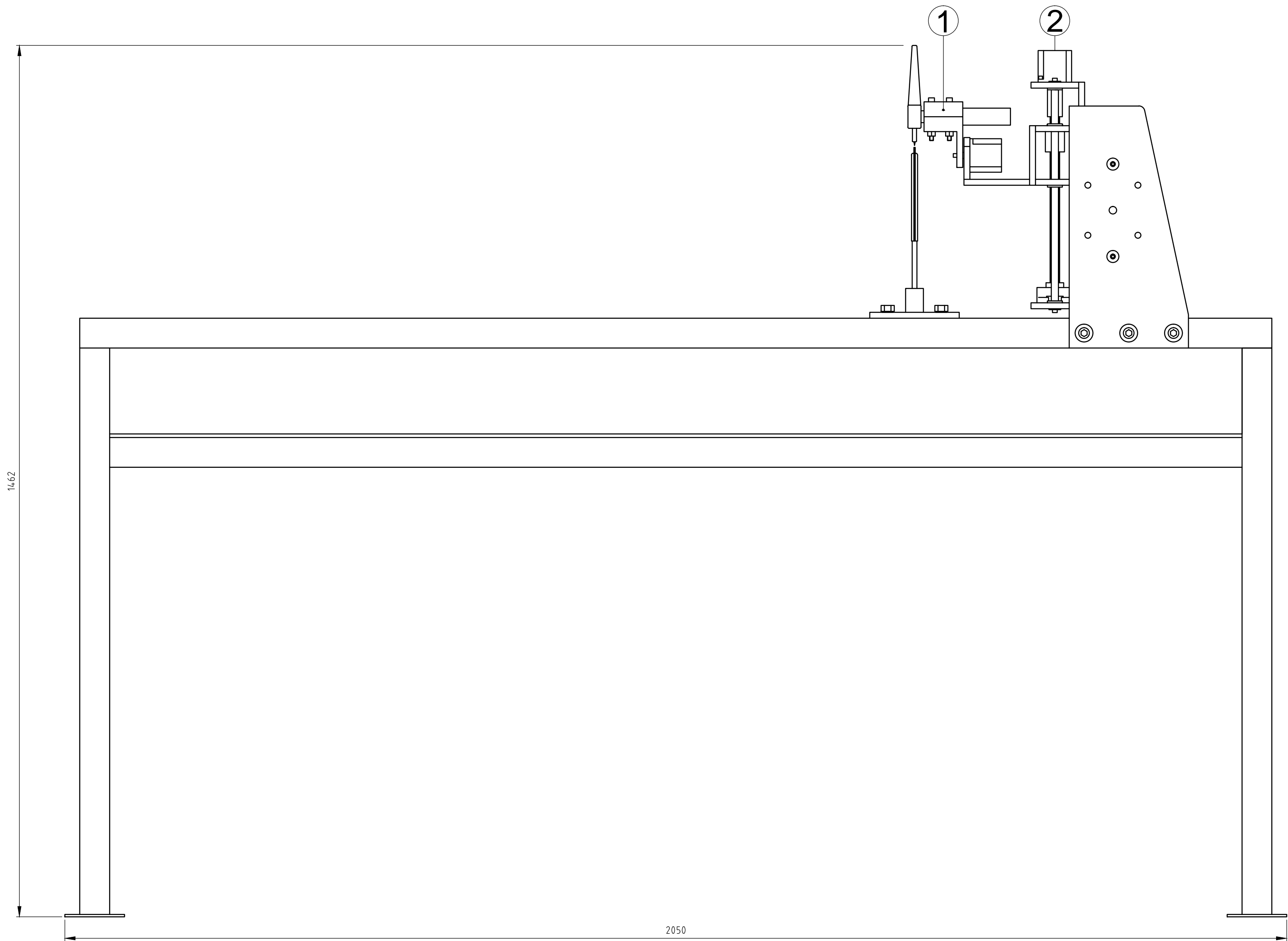
BD



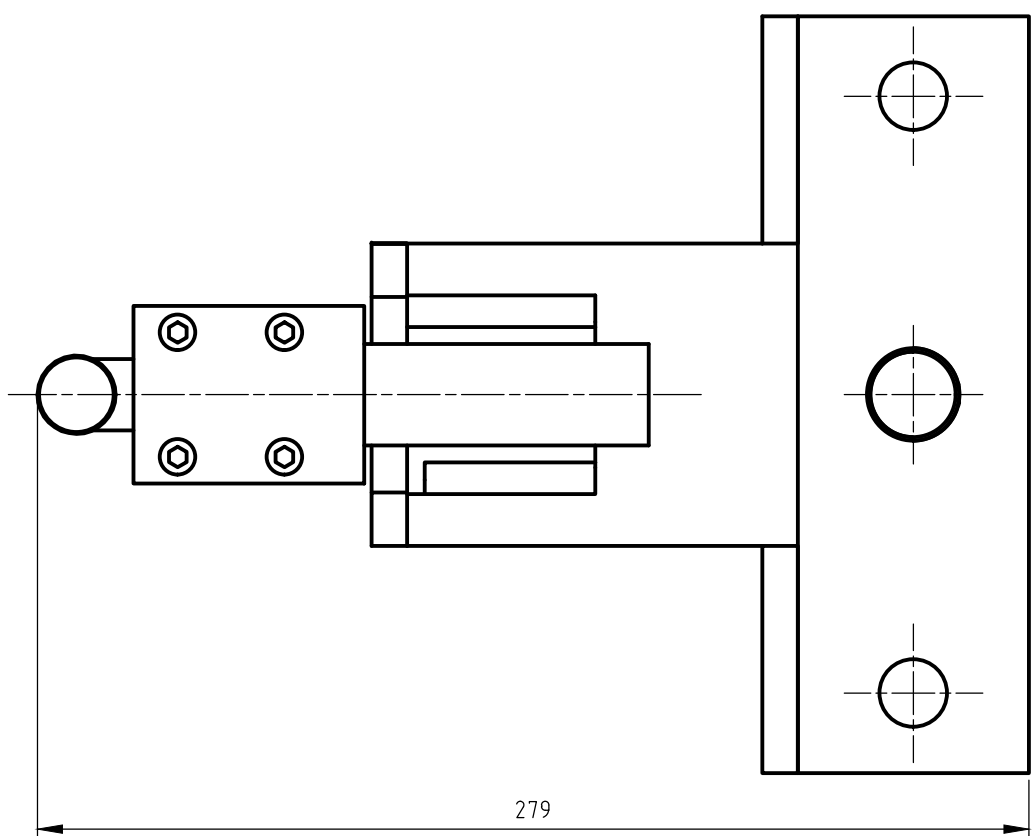
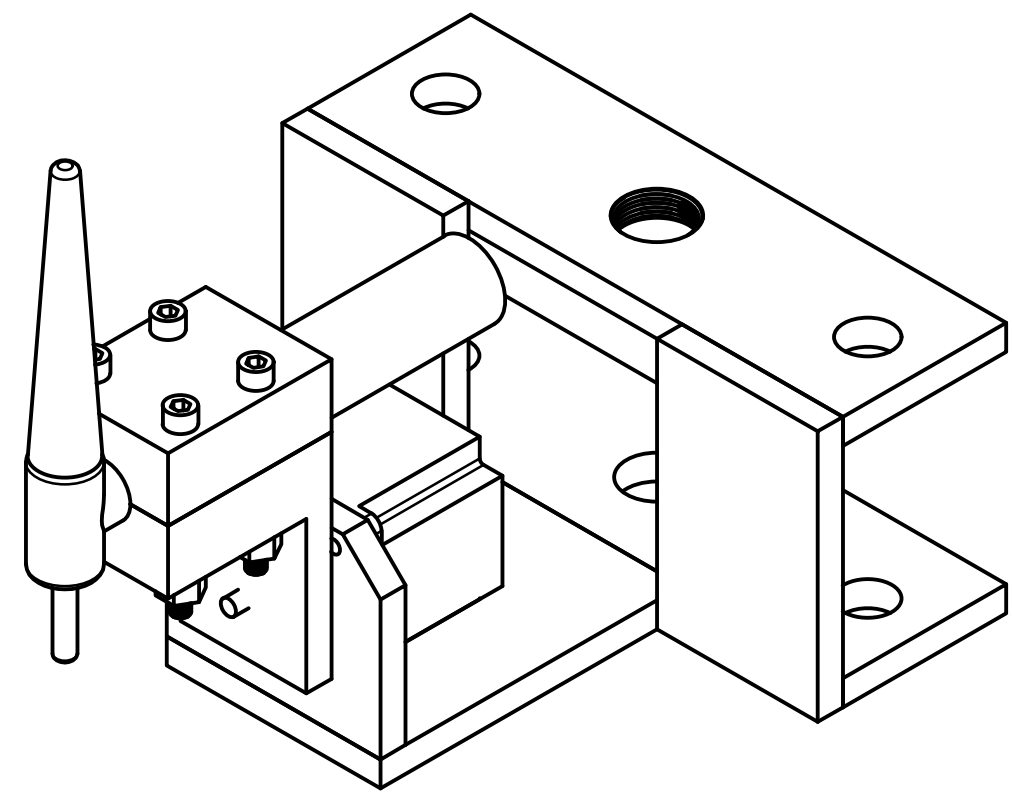
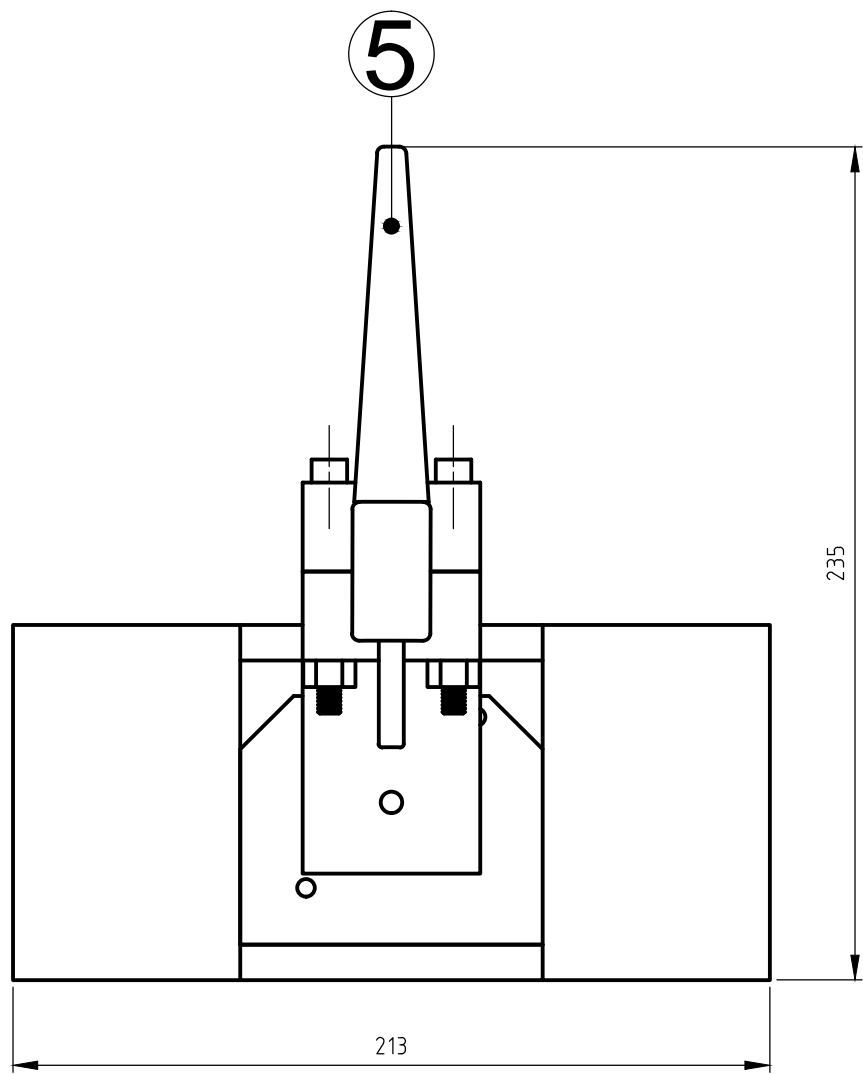
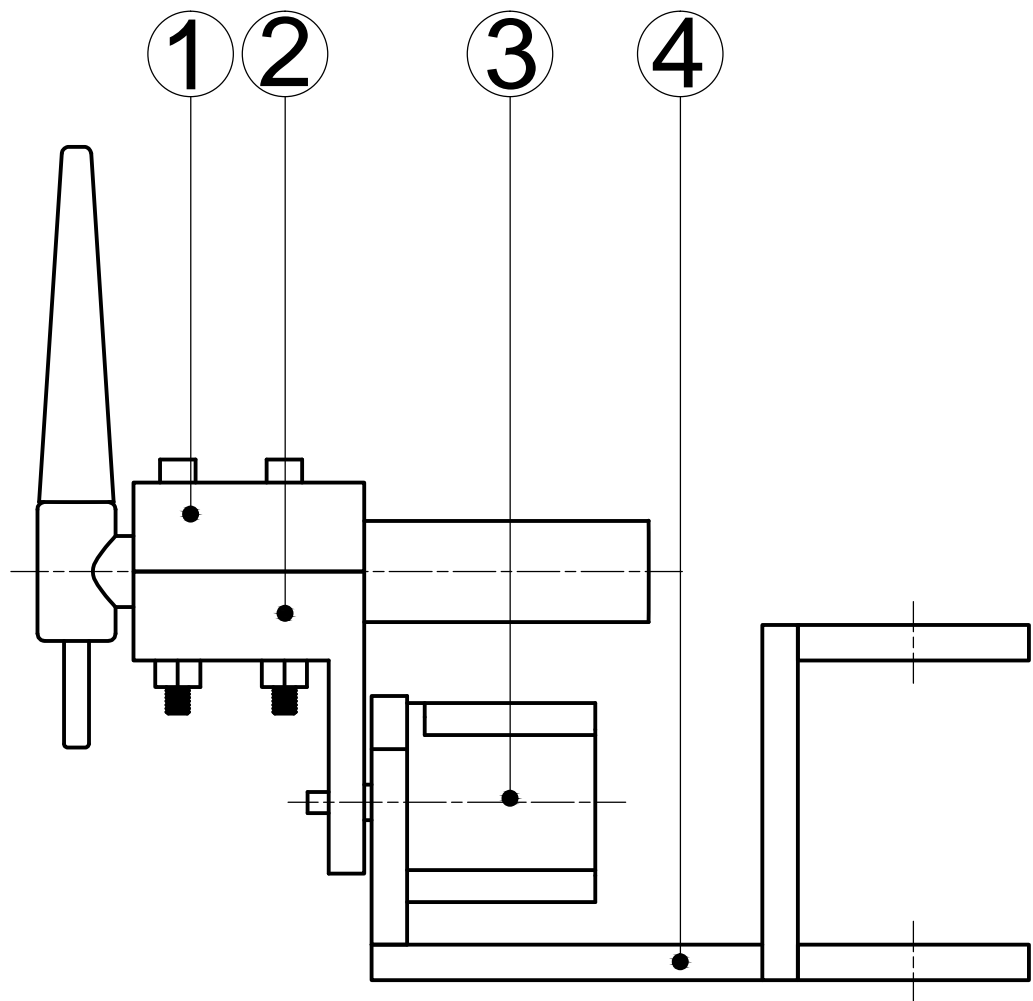
Referencia	Eje del husillo		Tuerca		Sin rascados	Con rascados	Llave de apriete	N	A ₁ ± 0,2	Sin rascados		
	d ₂	d ₁	D h10	M h9	A ± 0,3	A ₂				D ₂	D ₃	
—	mm											
SD/BD 8x2,5 R	6,3	7,6	17,5	M15x1	23,5	23,5	7,5	126-A35	3,2	3	11,1	11,1
SD/BD 10x2 R	8,3	9,5	19,5	M17x1	22,0	22,0	7,5	126-A35	3,2	3	13,3	13,3
SD/BD 10x4 R	7,4	8,9	21,0	M18x1	28,0	-	8,0	126-A35	3,2	3	13,0	-
SD/BD 12x2 R	9,9	11,2	20,0	M18x1	20,0	23,5	8,0	126-A35	3,2	3	13,2	-
SD/BD 12x4 R	9,4	11,3	25,5	M20x1	34,0	34,0	10,0	126-A35	3,2	3	16,1	16,1
SD/BD 12x5 R	9,3	11,8	23,0	M20x1	36,0	40,0	10,0	126-A35	3,2	3	-	-
SD/BD 14x4 R	11,9	13,7	27,0	M22x1,5	30,0	34,0	8,0	126-A35	3,2	3	-	-
SD/BD 16x2 R	14,3	15,6	29,5	M25x1,5	27,0	27,0	12,0	126-A35	3,2	3	20,1	20,1
SD/BD 16x5 R	12,7	15,2	32,5	M26x1,5	42,0	42,0	12,0	126-A35	3,2	3	-	21,1
SD/BD 16x10 R	12,6	15,2	32,0	M26x1,5	46,0	46,0	12,0	126-A35	3,2	3	19,5	19,5

Referencia: ver página 49

ANEXO 3 PLANOS



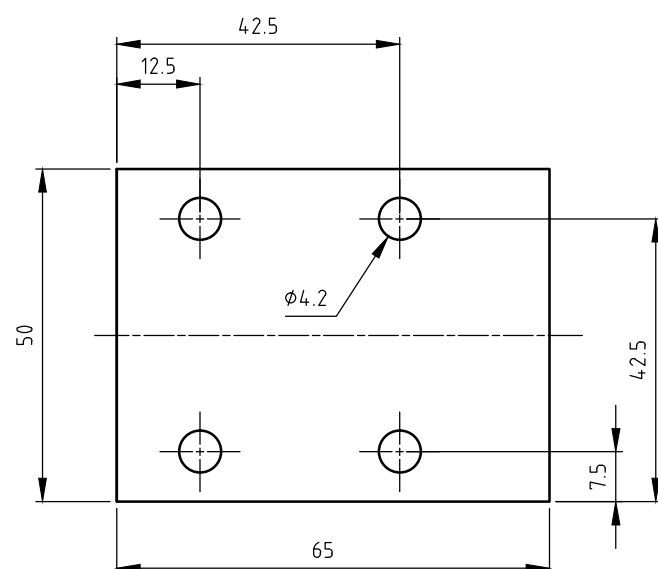
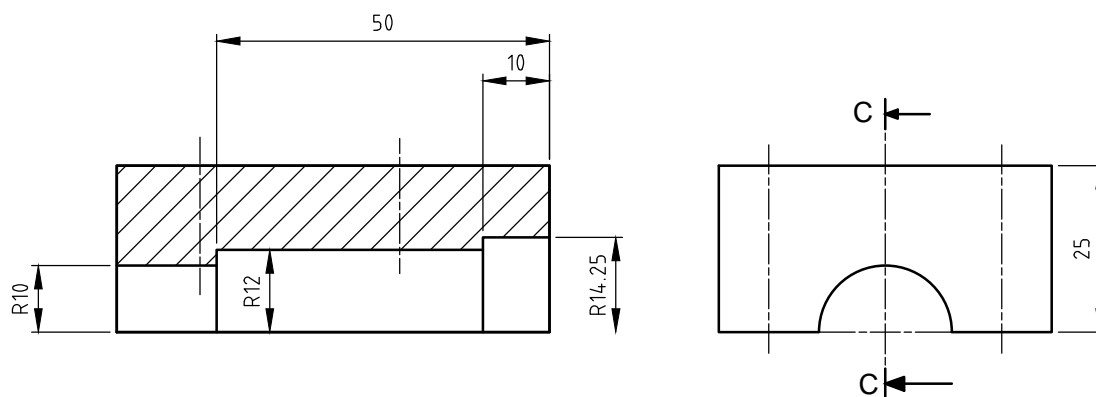
5	Sist. sujeción de charola	1	477.352.01.05	N/A	N/A
4	Mesa	1	477.352.01.04	N/A	N/A
3	Sist. desplazamiento horizontal	1	477.352.01.03	N/A	N/A
2	Sist. desplazamiento vertical	1	477.352.01.02	N/A	N/A
1	Sist. giro de torcha	1	477.352.01.01	N/A	N/A
Nº	Descripción	Cant.	Norma	Material	Dim. Brutas
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			Dis.: Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
			Dib.: Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
			Rev.: Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20	
MÁQUINA DE SOLDADURA TIG PERIMETRAL AUTOMÁTICA			Escala: 1:5	Código: 477.352.01	Tol.: +/- 0.5



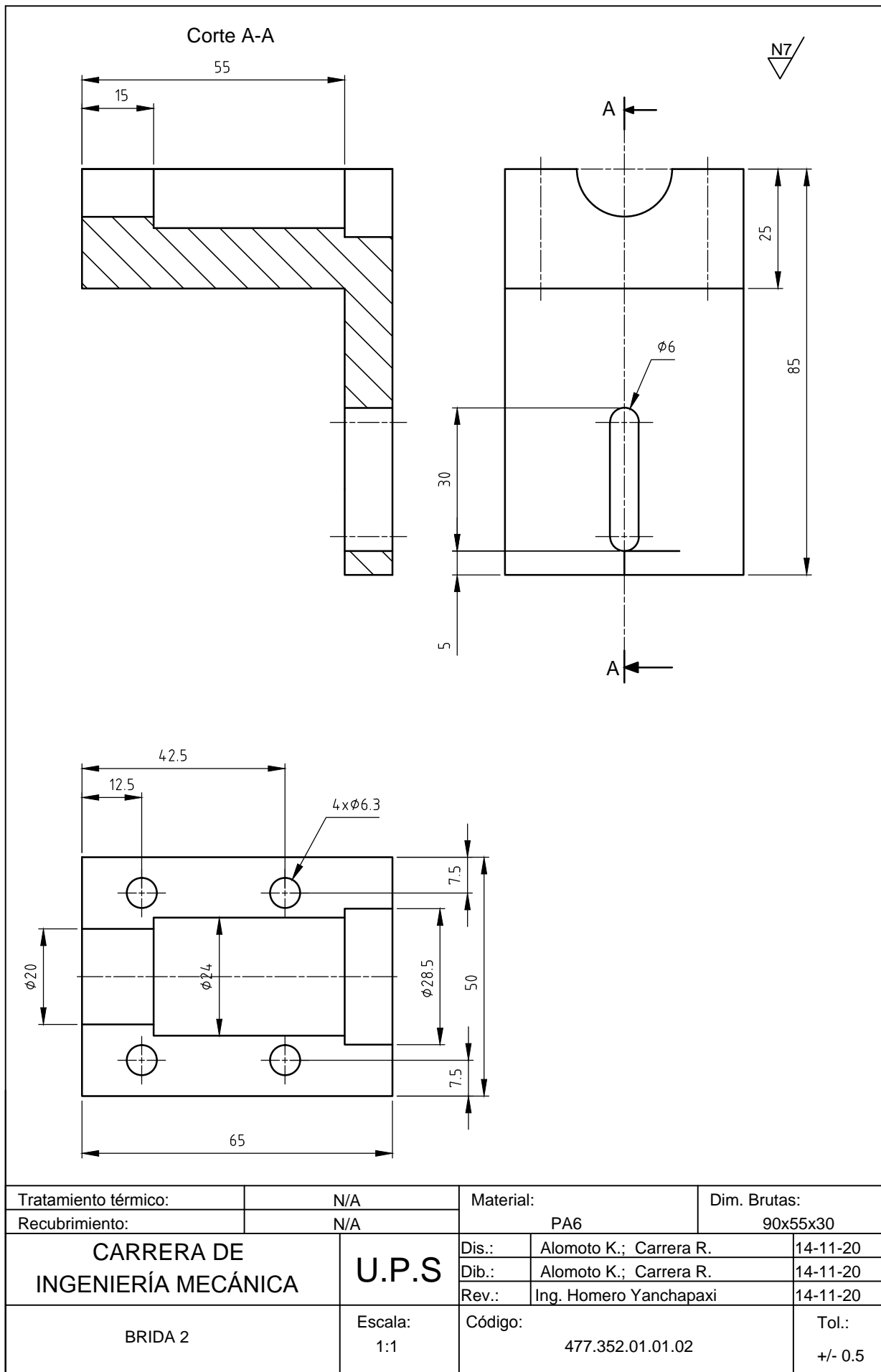
5	Torcha	1	N/A	N/A	N/A
4	Base 1	1	477.352.01.01.03	ACERO AISI A36	N/A
3	Motor	1	23H2A Stepper motor	N/A	N/A
2	Brida 2	1	477.352.01.01.02	PA6	N/A
1	Brida 1	1	477.352.01.01.01	PA6	N/A
Nº	Descripción	Cant.	Norma	Material	Dim. Brutas
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20
SISTEMA DE GIRO DE TORCHA		Escala: 1:2	Código: 477.352.01.01		Tol.: +/- 5

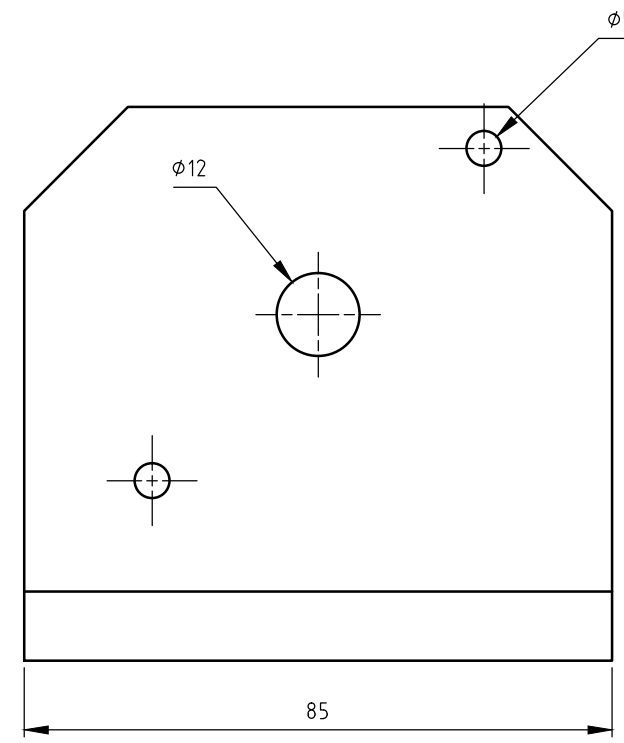
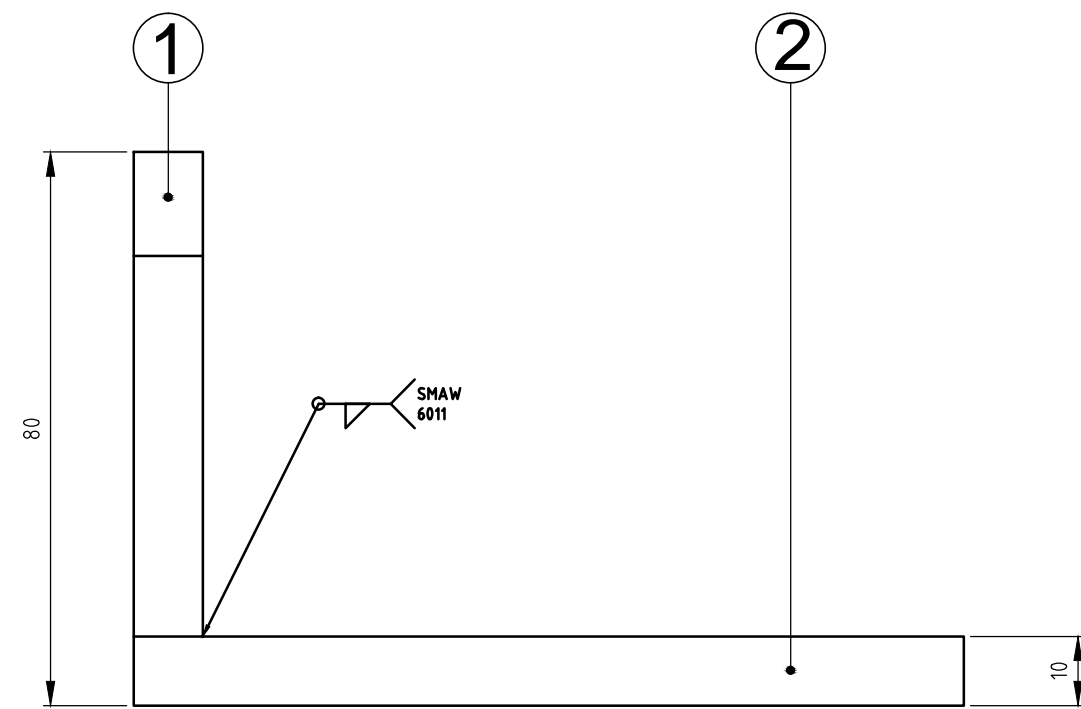
N7

Corte C-C

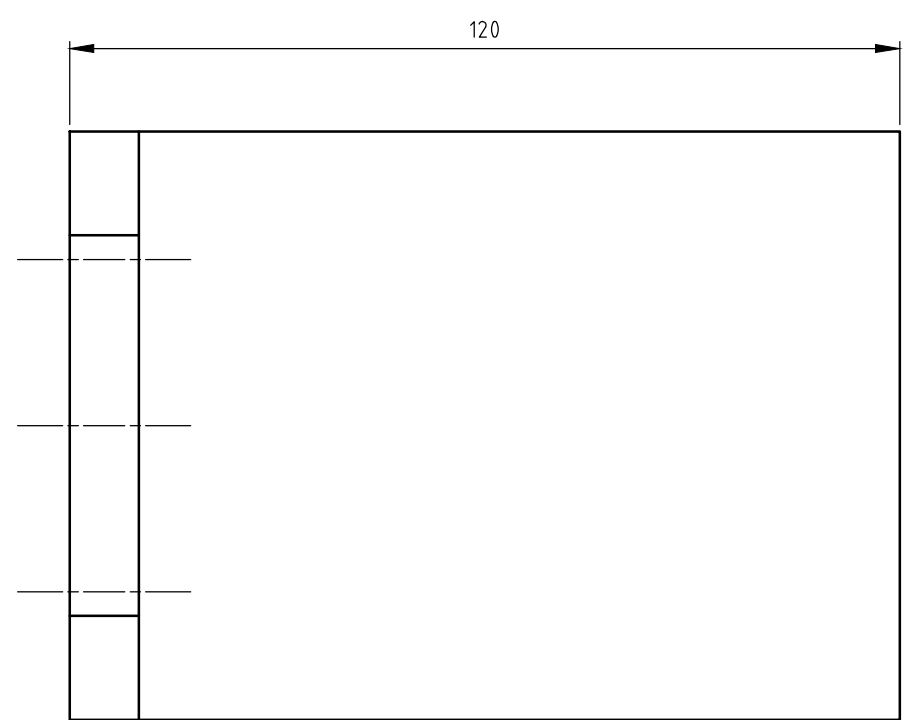


Tratamiento térmico:	N/A	Material:	PA6	Dim. Brutas:	70x55x30
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20	
BRIDA 1	Escala: 1:1	Código:	477.352.01.01.01	Tol.:	+/- 0.5

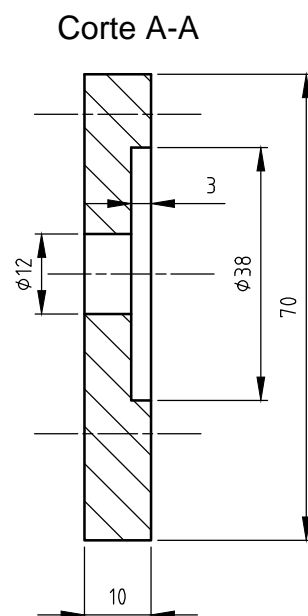
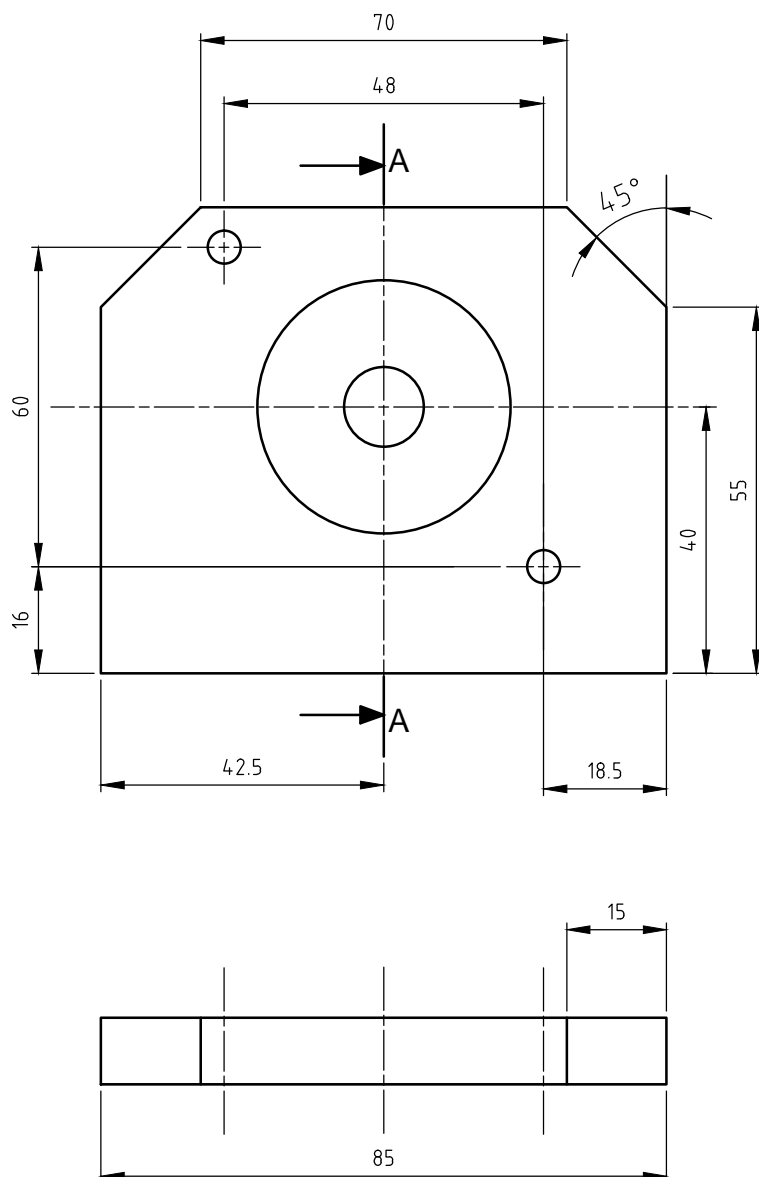




N7

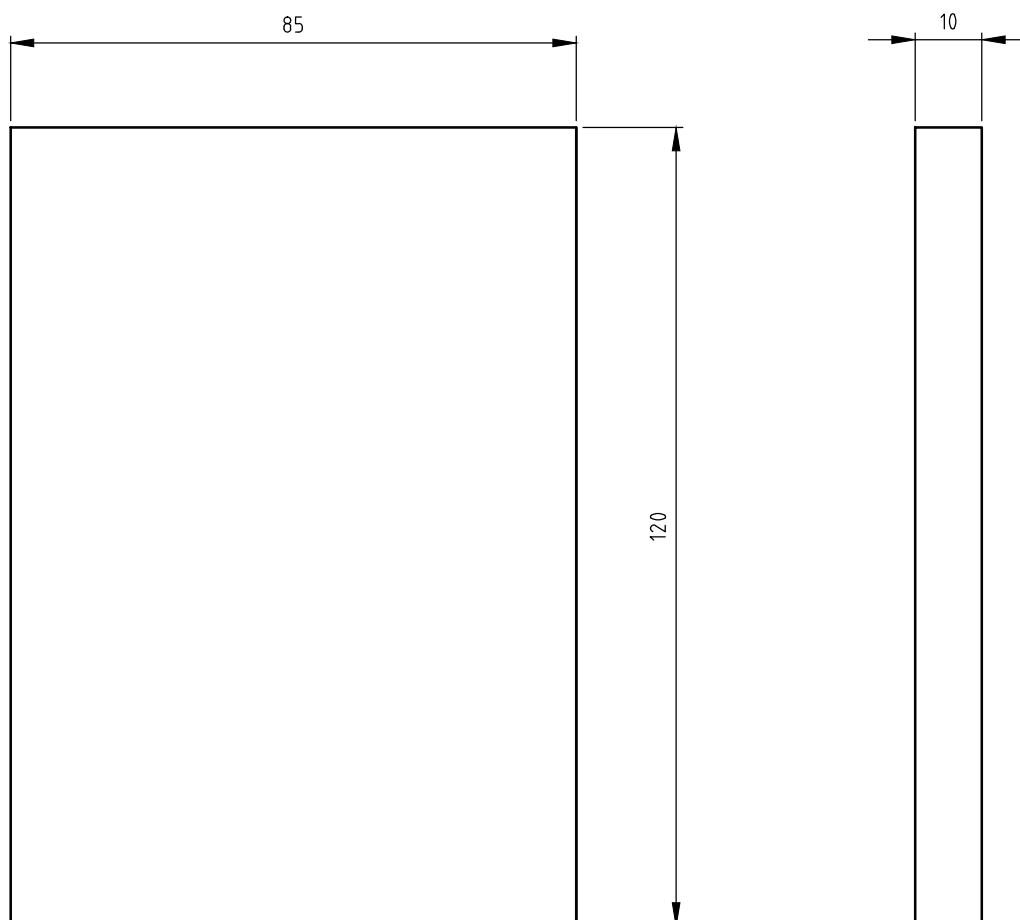


2	PLACA 10	1	477.352.01.01.03.02	ACERO AISI A-36	125x90x12
1	PLACA 9	1	477.352.01.01.03.01	ACERO AISI A-36	75x90x12
Nº	Descripción	Cant.	Norma	Material	Dim. Brutas
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20
BASE 1			Escala: 1:1	Código: 477.352.01.01.03	Tol.: +/- 0.5

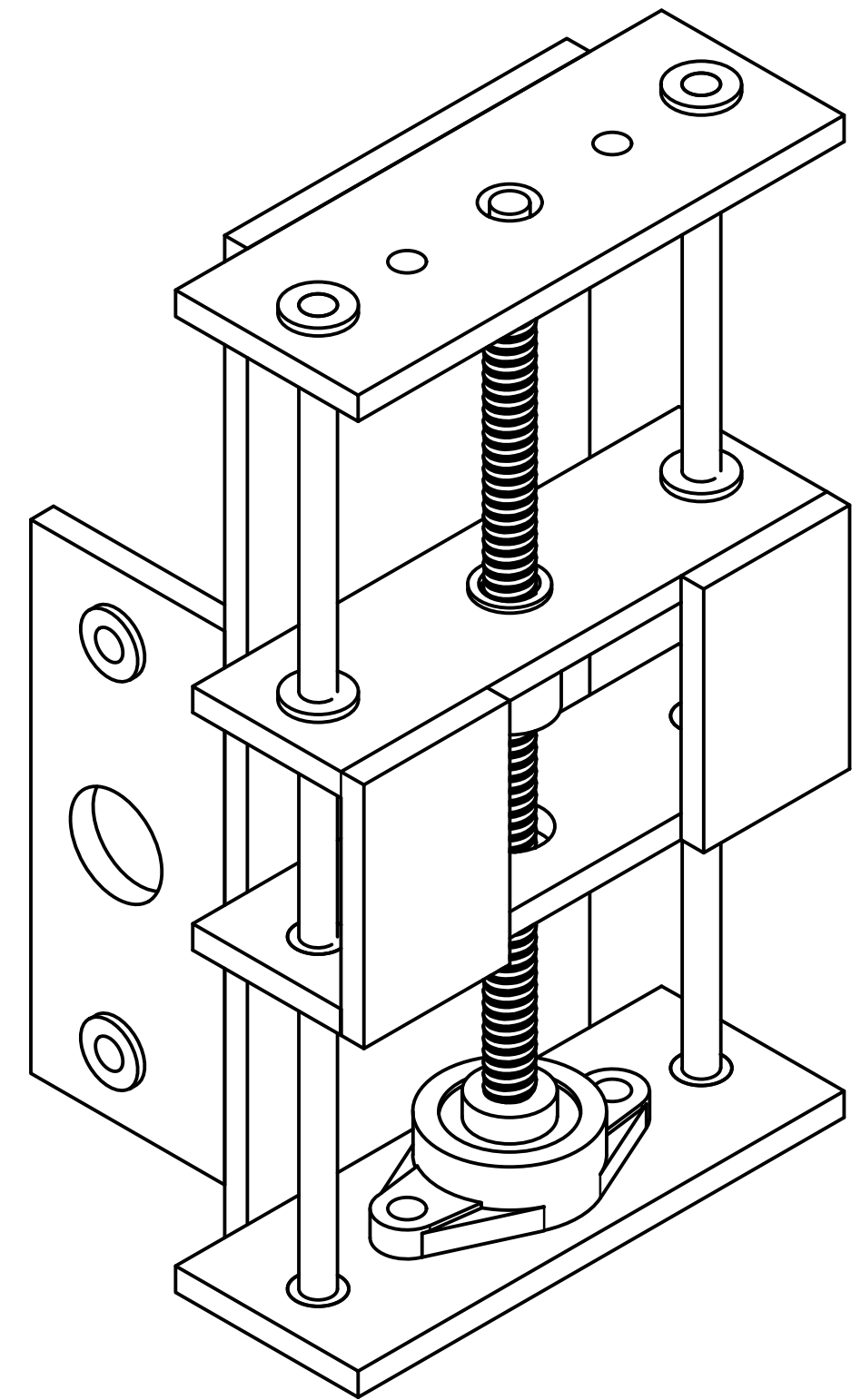
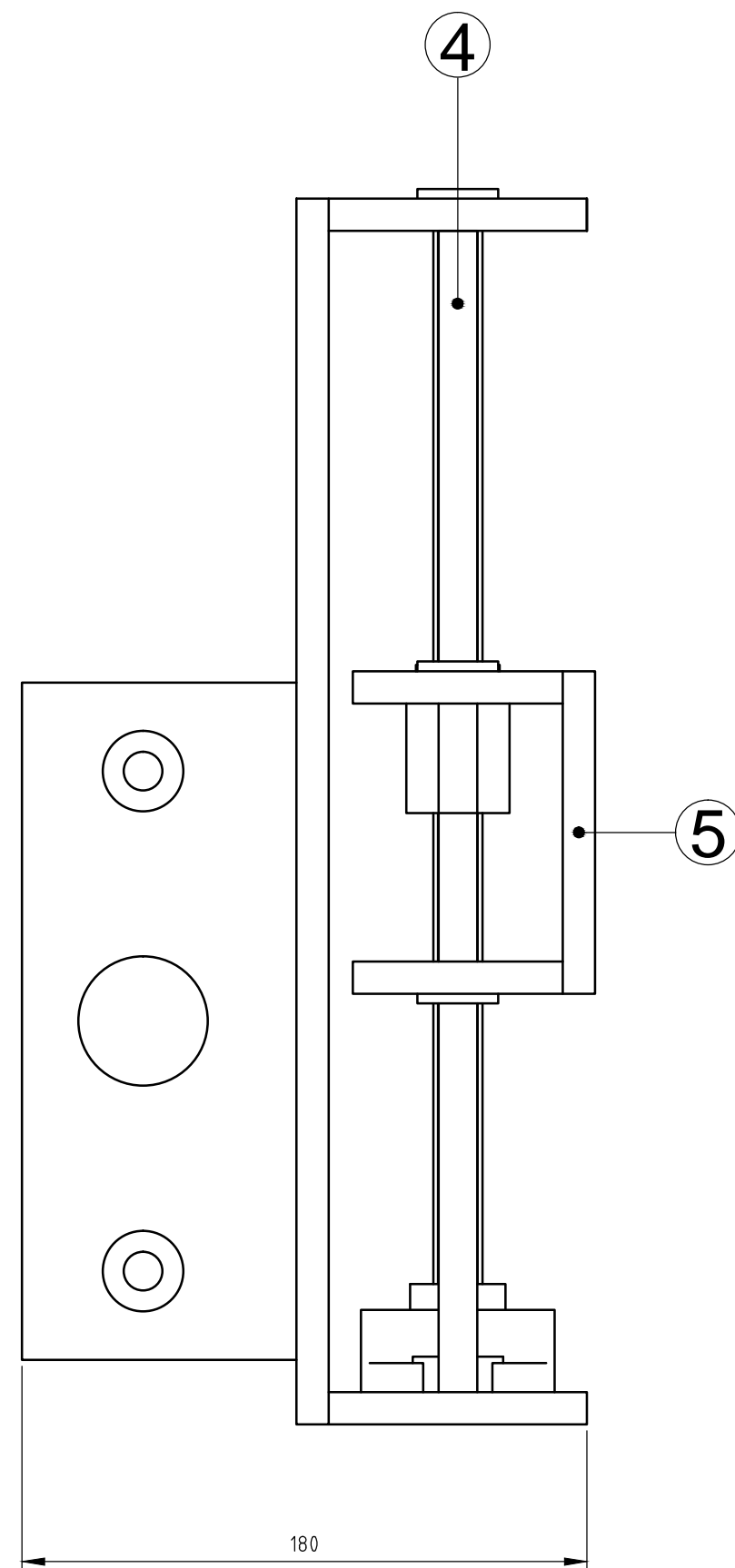
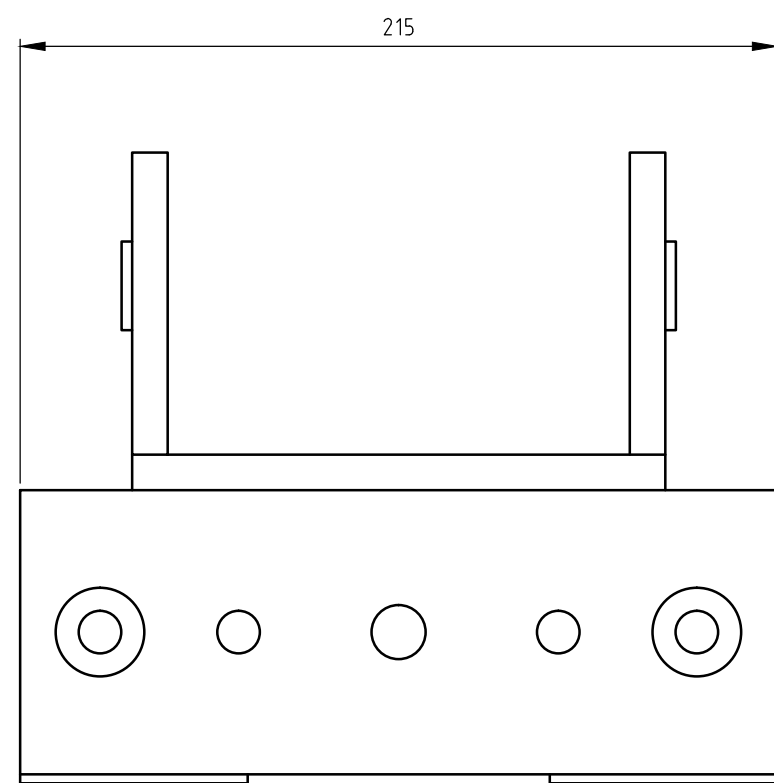
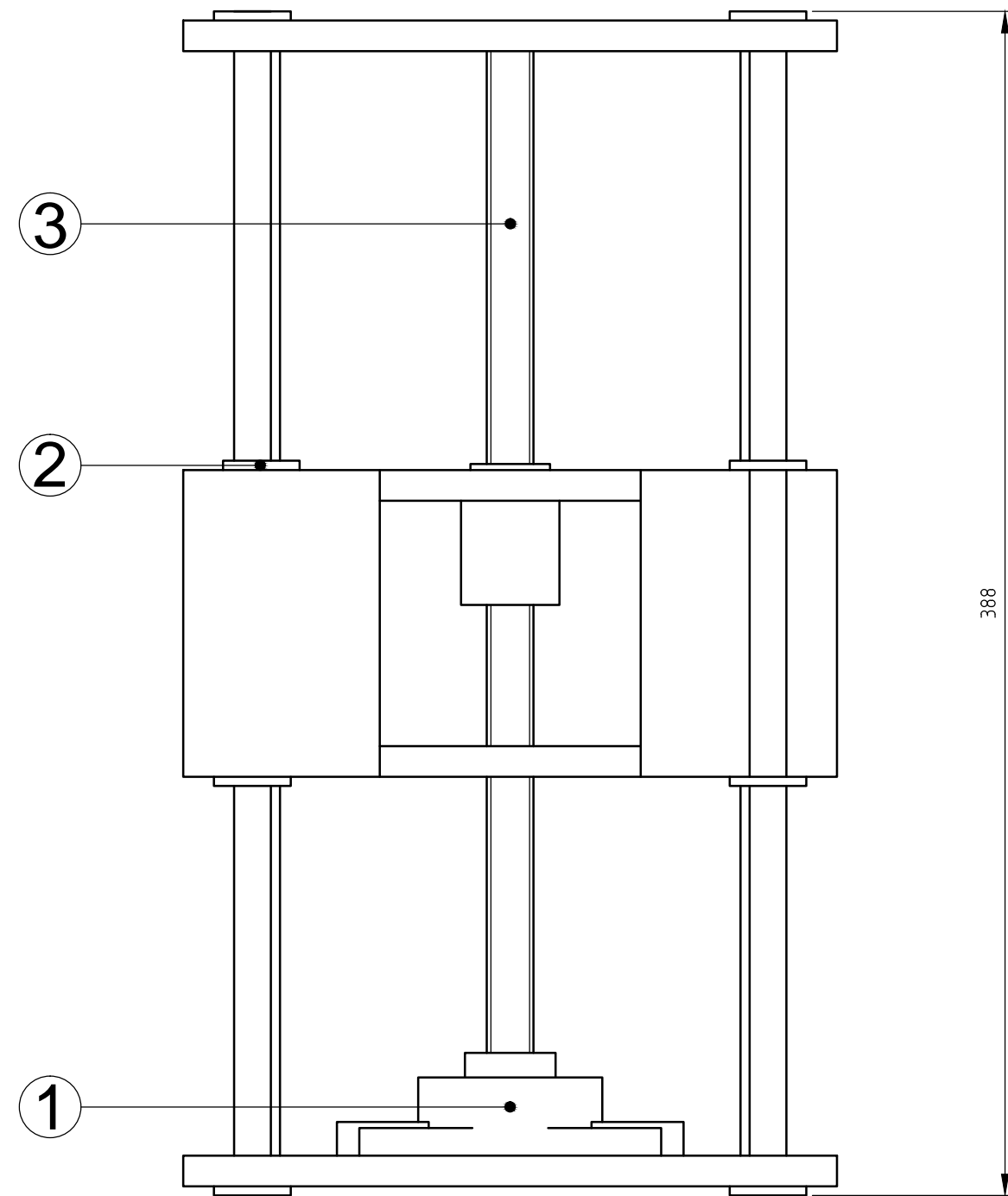


Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	AISI A-36	Dim. brutas:	90x75x12mm
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20	
PLACA 9	Escala: 1:1	Código:	477.352.01.01.03.01	Tol.:	+/- 0.5

N7/

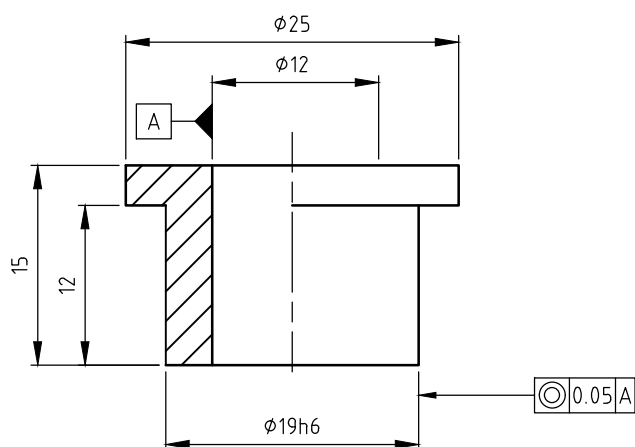


Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	N/A	ACERO AISI A36	125x90x12
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi
PLACA 10	Escala: 1:1	Código: 477.352.01.01.03.02	Tol.: +/- 0.5



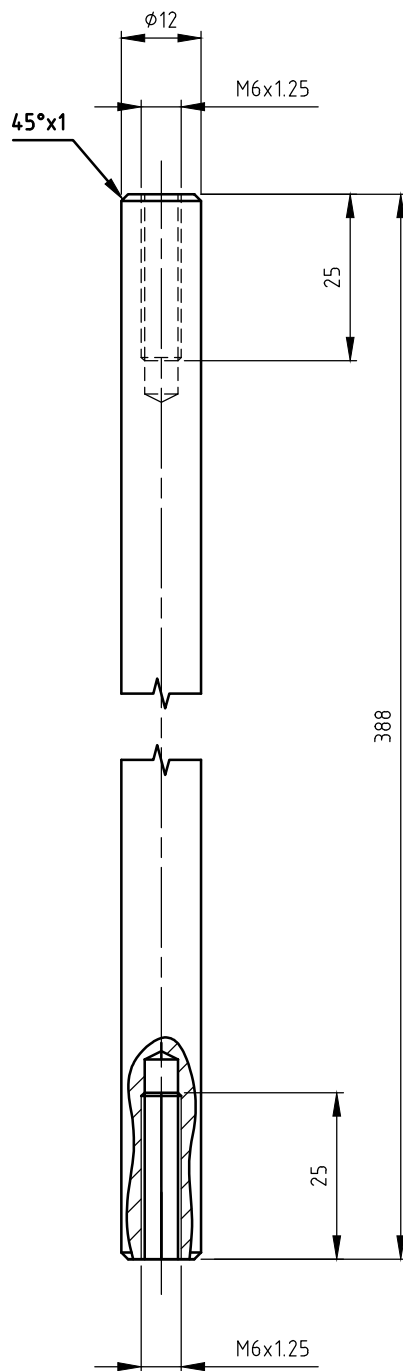
5	Base 2	1	477.352.01.02.03	Acero AISI A36	N/A
4	Eje guía	2	477.352.01.02.02	Acero AISI1018	Ø12,7x390mm
3	Husillo de bolas	1	SKF M/1153988	Acero AISI 1055	N/A
2	Bocín	4	477.352.01.02.01	Bronce SAE 40	Ø25.4x18mm
1	Chumacera	1	23H2A Stepper motor	N/A	N/A
N°	Descripción	Cant.	Norma	Material	Dim. Brutas
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20
Tema: SIST. DE SESPLAZAMIENTO VERTICAL		Escala: 1:2	Código: 477.352.01.02		Tol.: +/- 5

Corte B-B

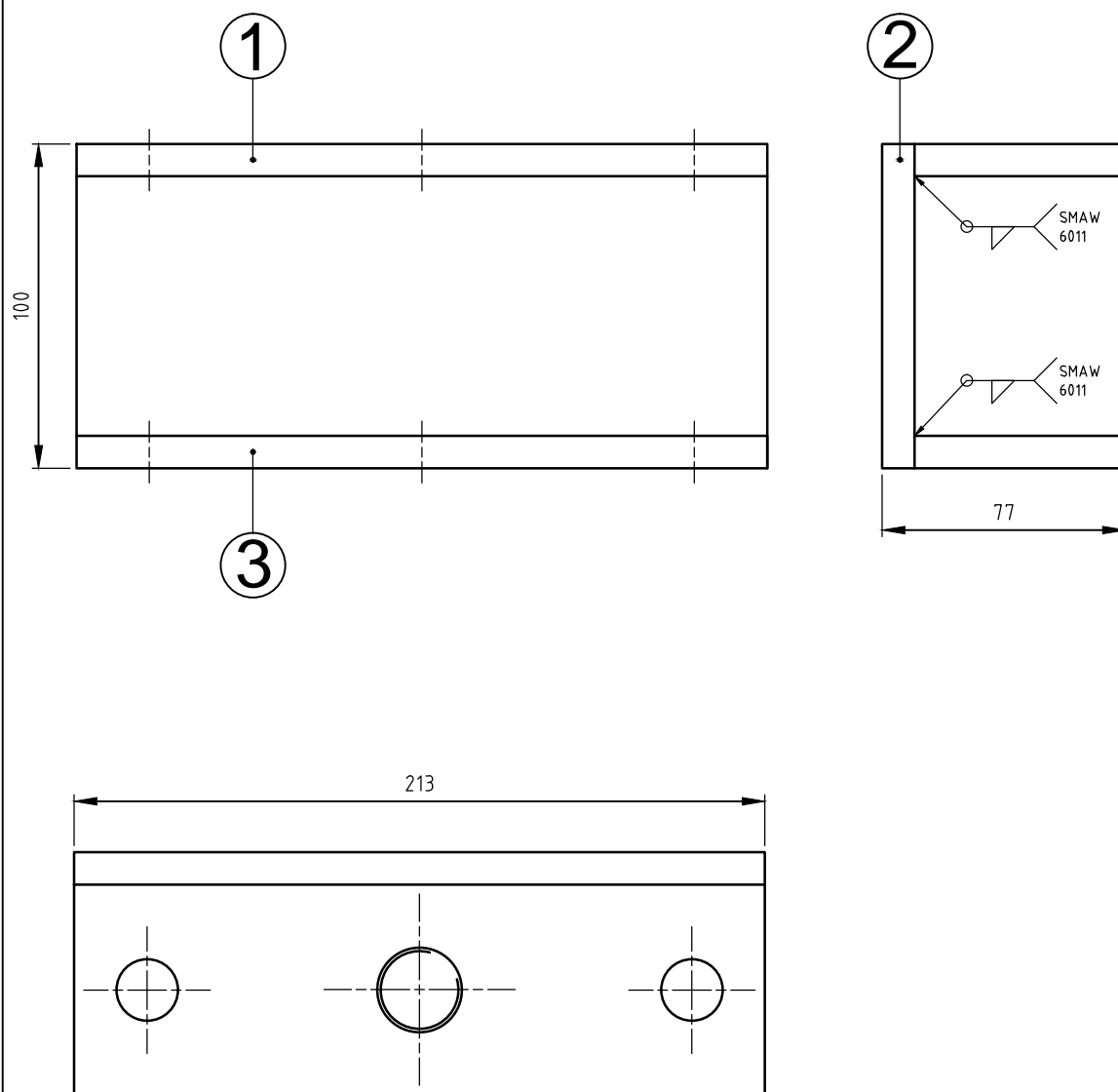


Ø19h6	
+0.034	-0.000

Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	SAE 45	Dim. brutas:	Ø25.4x18mm
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20	
Tema:	BOCÍN 2	Escala:	2:1	Código:	477.352.01.02.01
				Tol.:	+/- 0.2

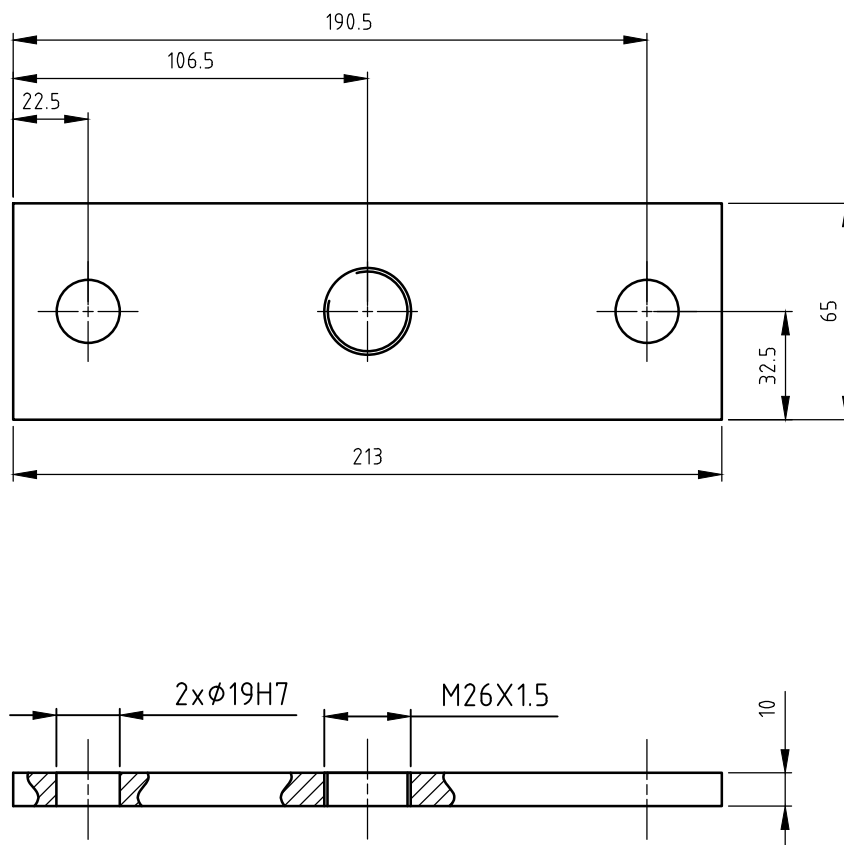


Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	ACERO AISI 1018	Dim. brutas:	Ø12,7x390mm
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20	
Tema:	EJE GUIA	Escala:	1:1	Código:	477.352.01.02.02
				Tol.:	+/- 0.2



3	Placa 3	1	477.352.01.02.03.03	Acero AISI A36	215x70x12
2	Placa 2	1	477.352.01.02.03.02	Acero AISI A36	215x105x12
1	Placa 1	1	477.352.01.02.03.01	Acero AISI A36	215x70x12
Nº	Descripción	Cant.	Norma	Material	Dim. Brutas
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20
Tema: BASE 2		Escala: 1:2	Código: 477.352.01.02.03		Tol.: +/-0.5

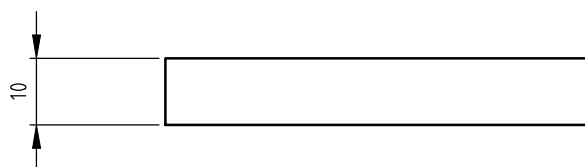
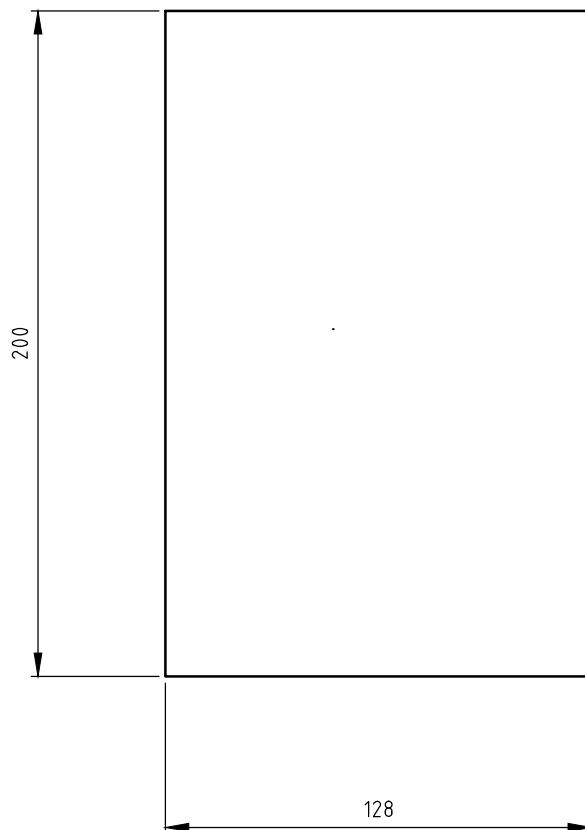
N7



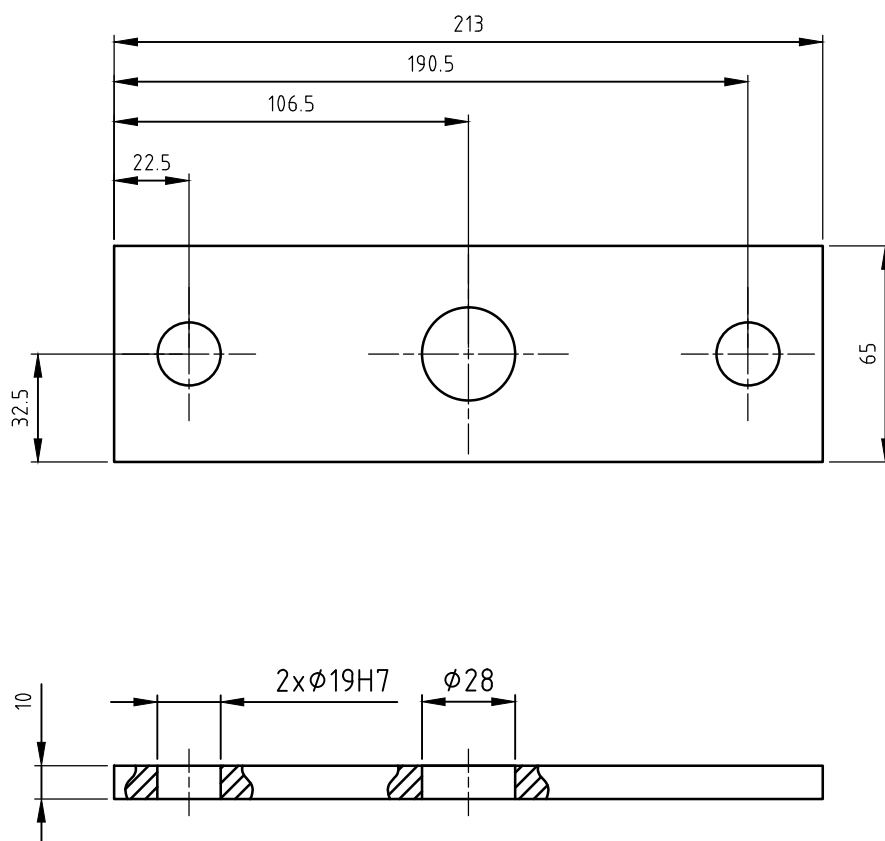
Ø19H7	
+0.034	-0.000

Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	Acero A36	Dim. brutas:	215x70x12
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20	
Tema:	Escala:	Código:	Tol.:		
PLACA 1	1:2	477.352.01.02.03.01	+/- 0.5		

N7/

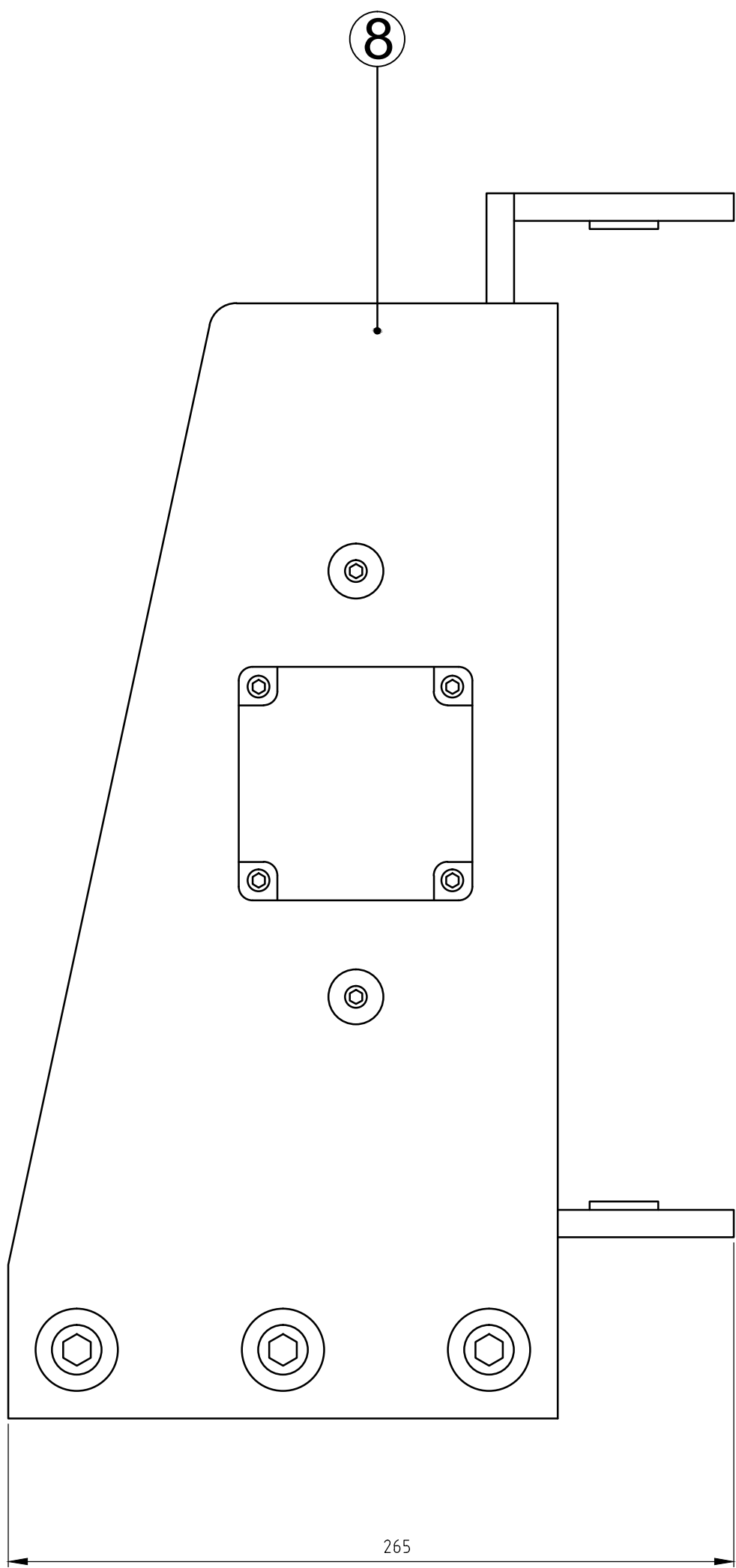
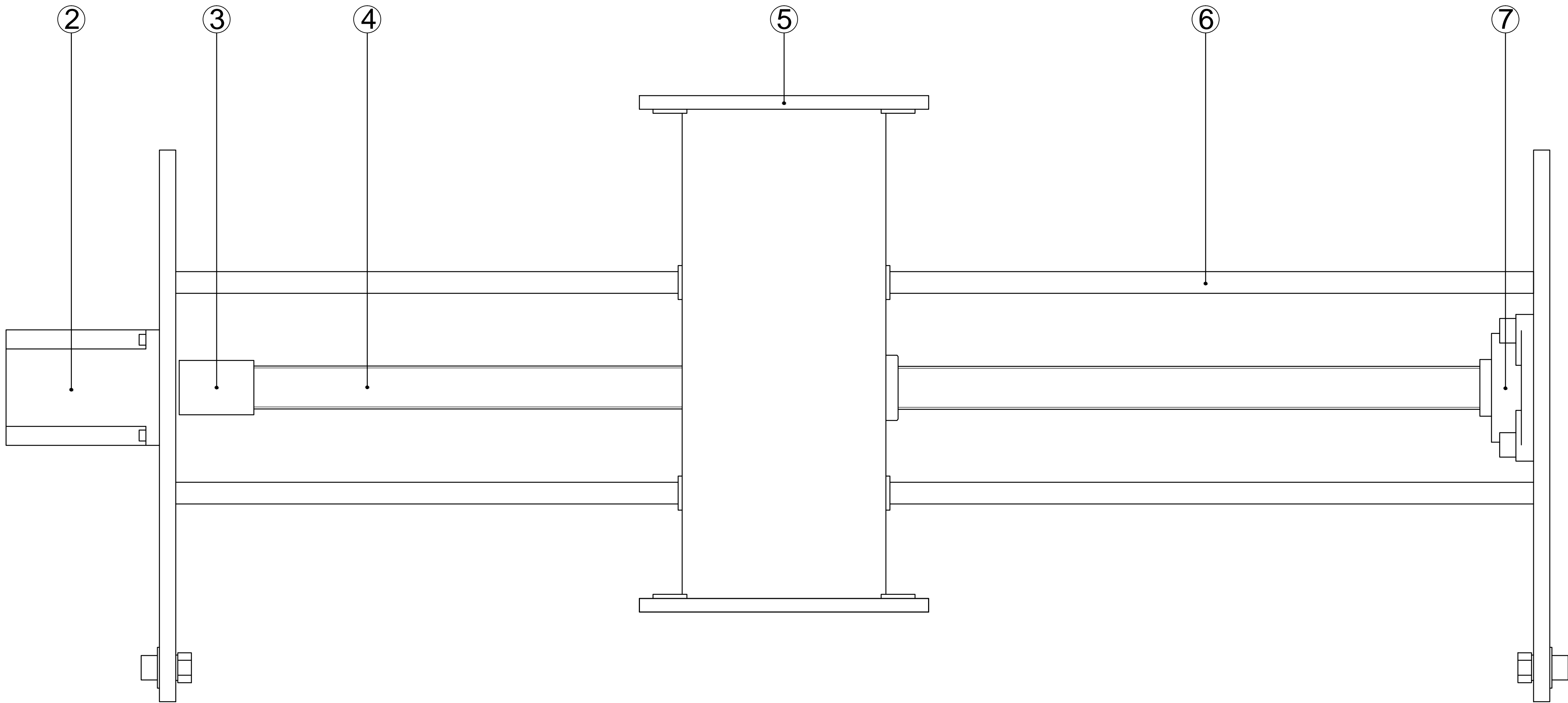
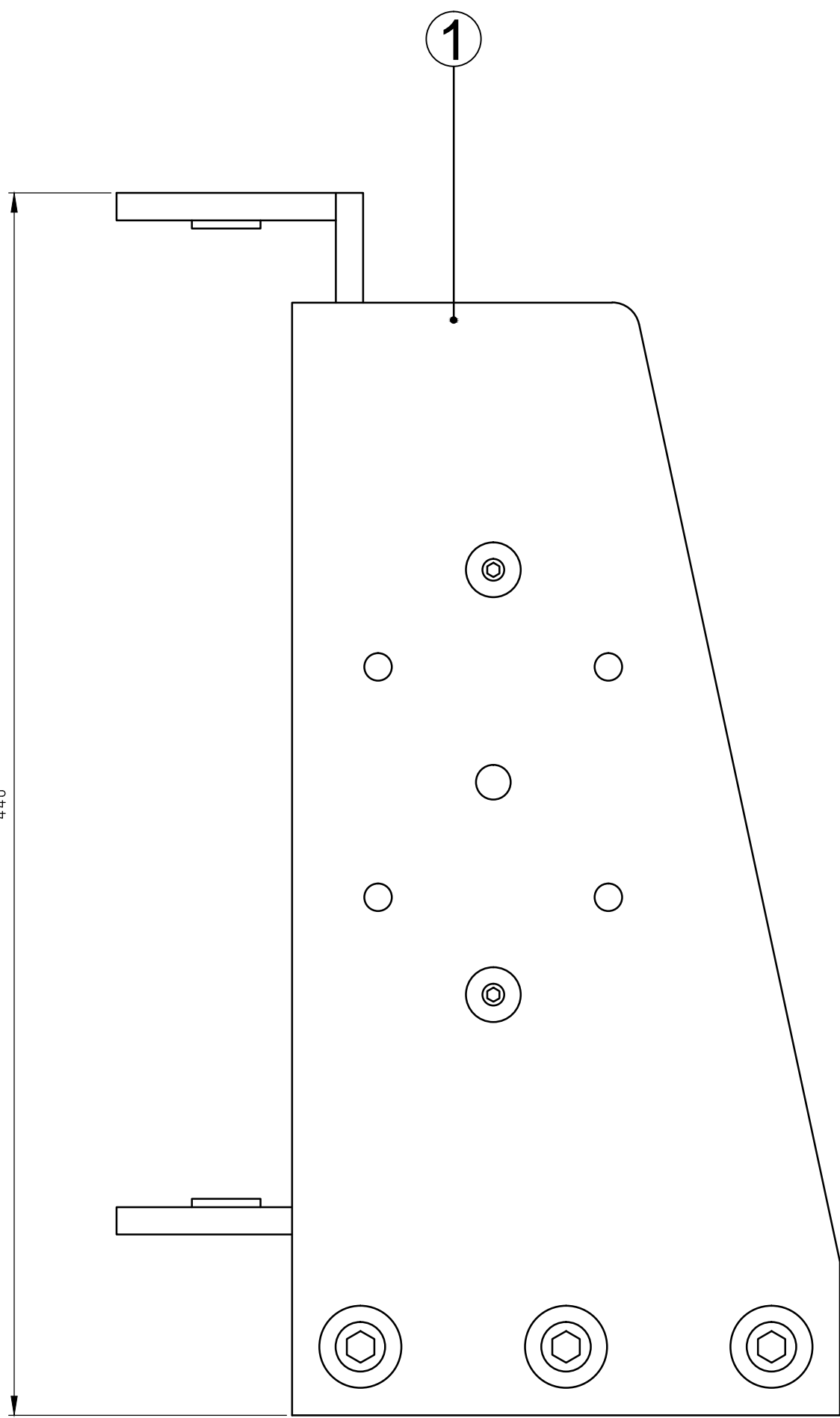
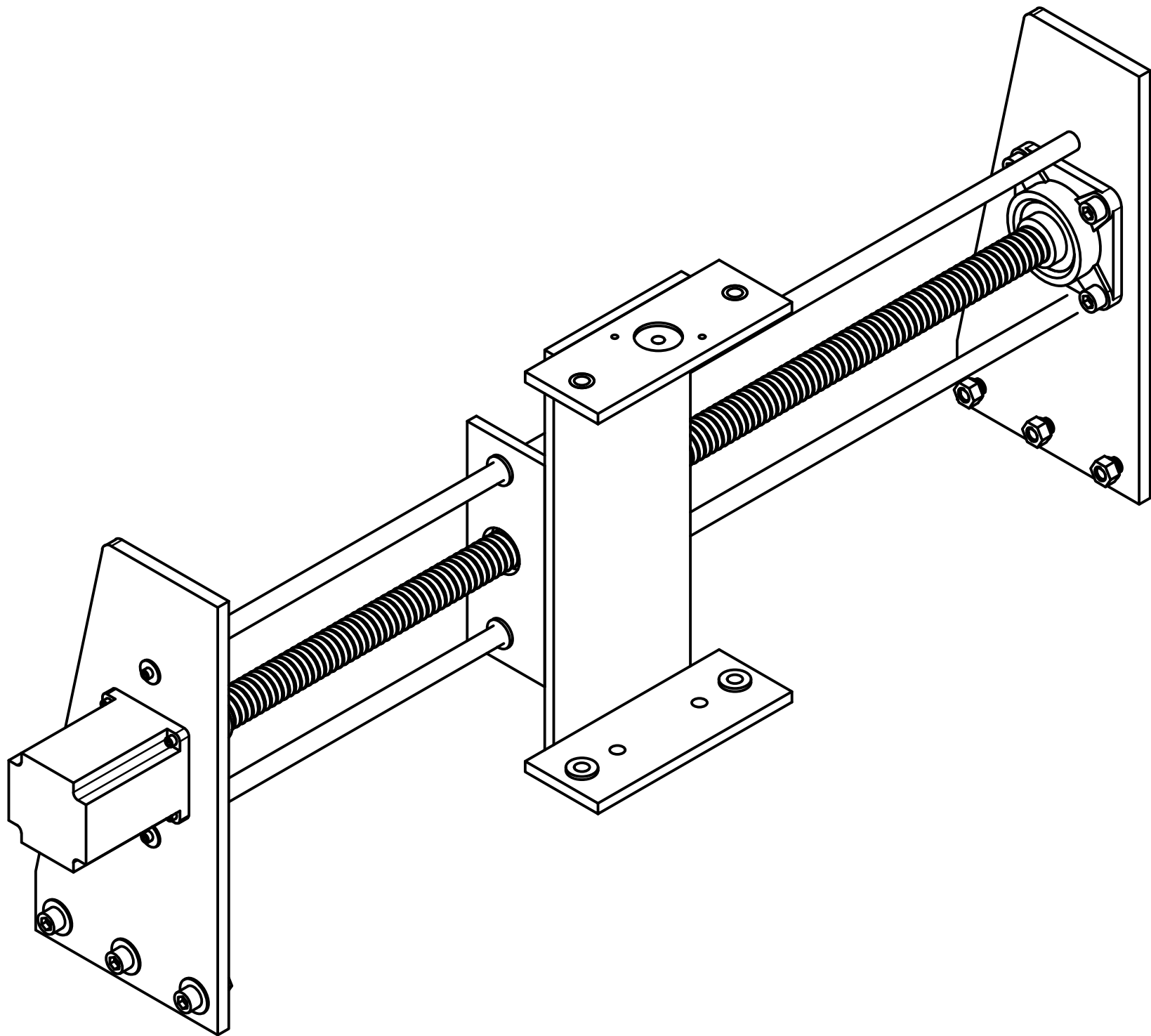
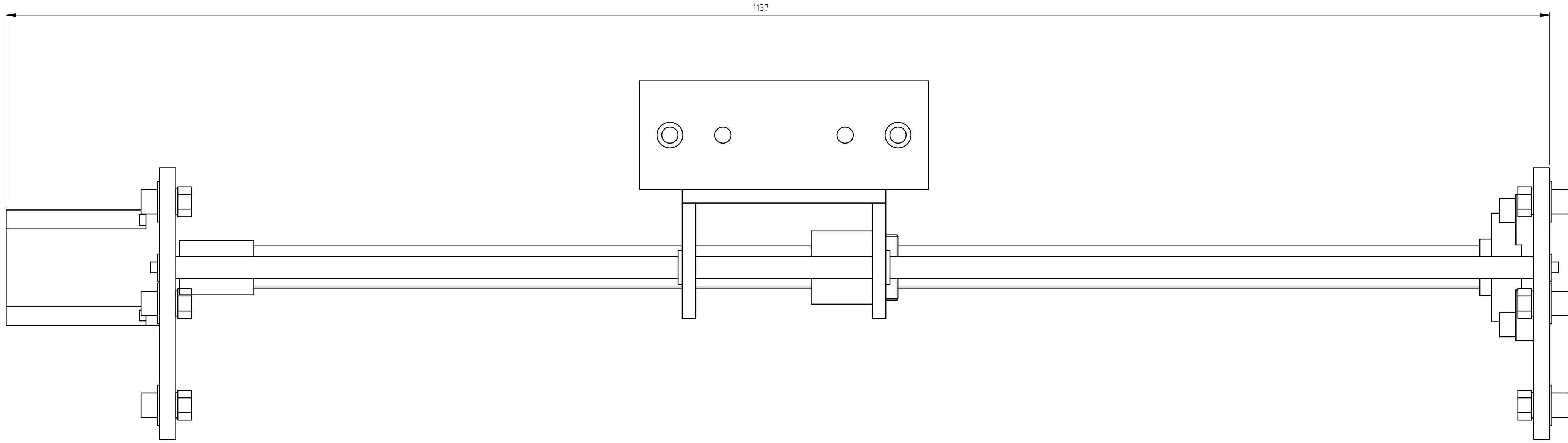


Tratamiento Térmico:	N/A	Material:		Dim. brutas:		
Recubrimiento:	N/A					
		Acero A36		105x70x12		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		U.P.S		Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
				Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
				Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20
Tema:		Escala:	Código:		Tol.:	
PLACA 2		1:1	477.352.01.02.03.02		+/- 0.5	

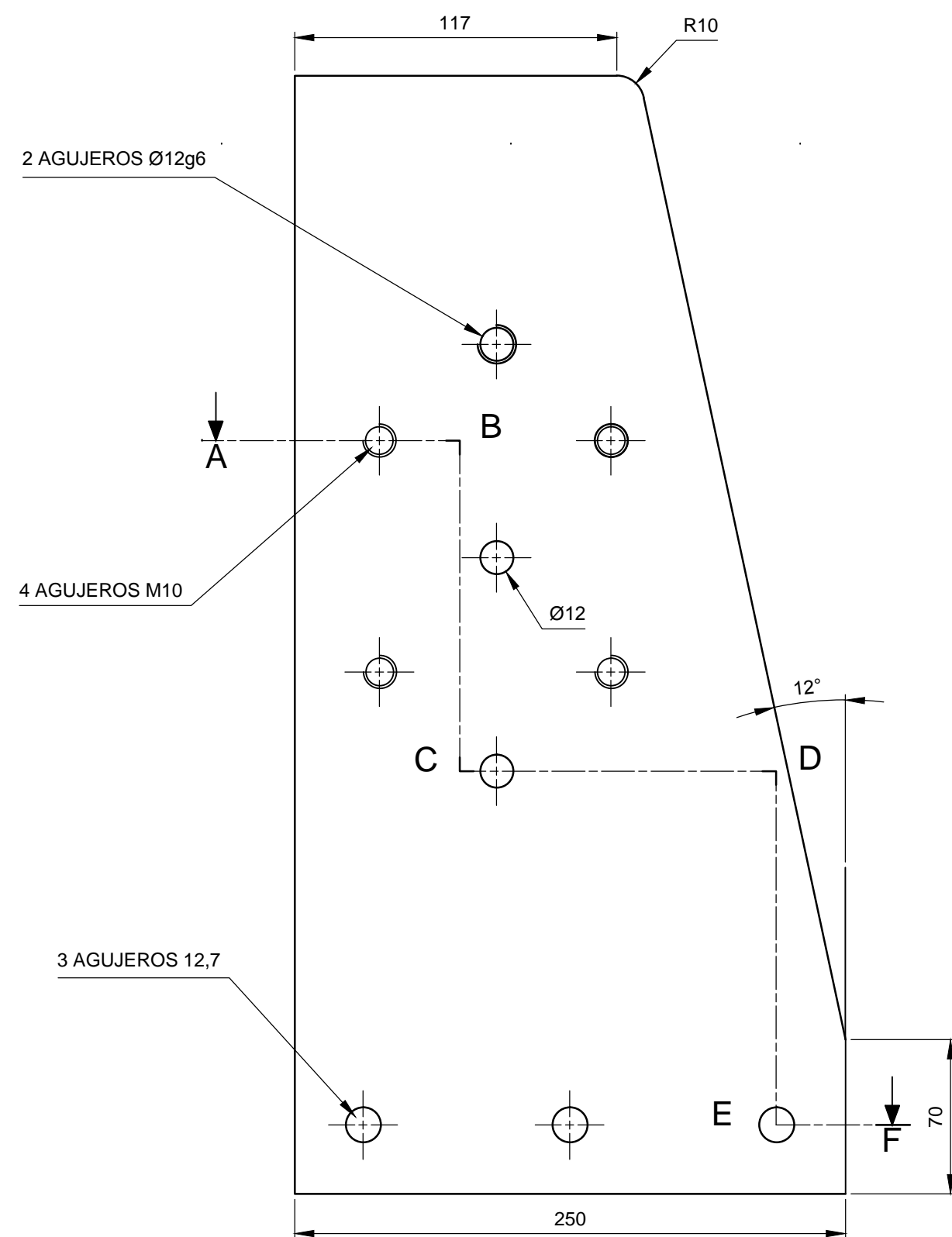


Ø19H7	
+0.034	-0.000

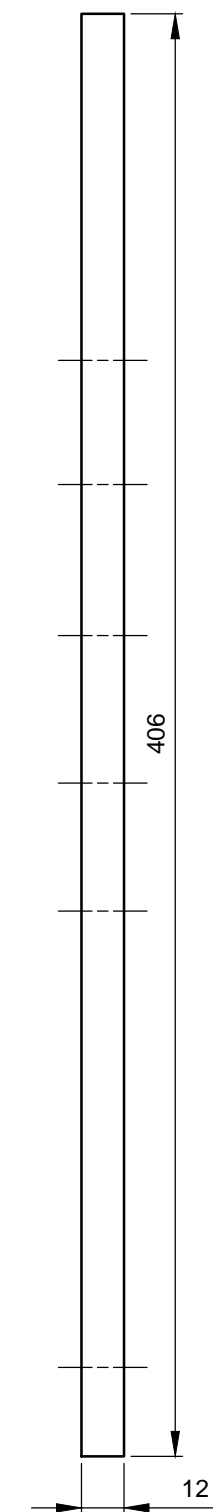
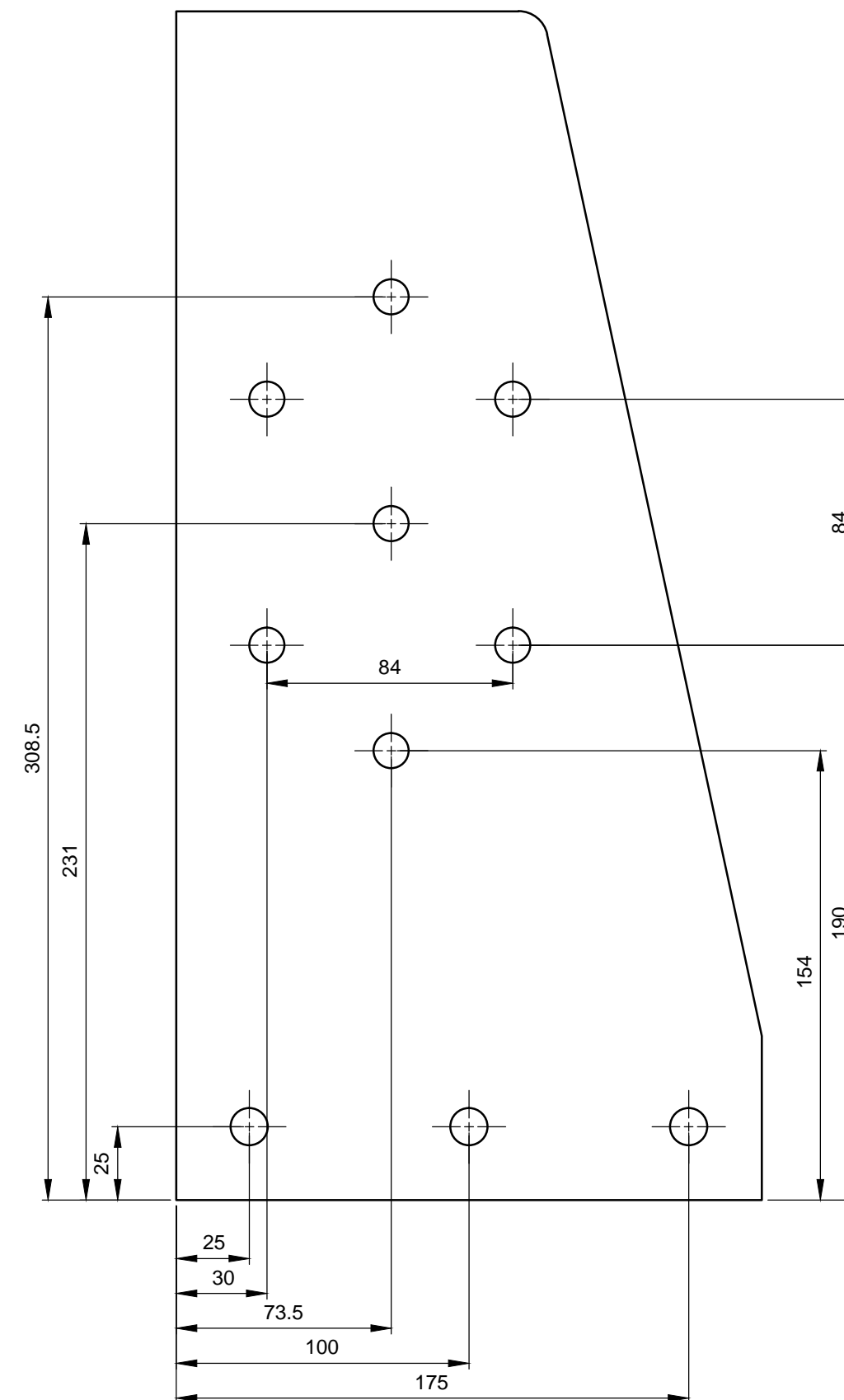
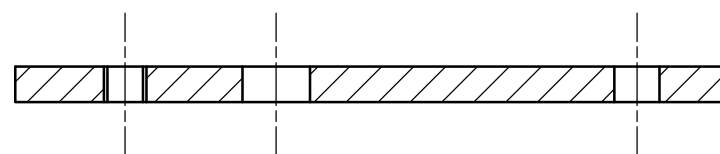
Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	Acero A36	Dim. brutas:	215x70x12
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20	
Tema:	PLACA 3	Escala:	1:2	Código:	477.352.01.02.03.03
				Tol.:	+/-0.5



8	Placa soporte eje husillo 2	1	477.352.01.03.05	Acero AISI A36	N/A
7	Chumacera	1	NTN UCP206-10201	N/A	N/A
6	Eje guía	1	477.352.01.03.04	Acero AISI A36	N/A
5	Base 3	1	477.352.01.03.03	Acero AISI A36	N/A
4	Husillo de bolas	1	SKF M1153888	Acero AISI 1055	N/A
3	Acople	1	477.352.01.03.02	Acero AISI1018	N/A
2	Motor	1	REBYGH118	N/A	N/A
1	Placa soporte eje husillo 1	1	477.352.01.03.01	Acero AISI A36	N/A
Nº	Descripción	Cant.	Norma	Material	Dim. Brutas
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			U.P.S	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL			Escala: 1:2	Código: 477.352.01.03	Tol.: +/- 0.5



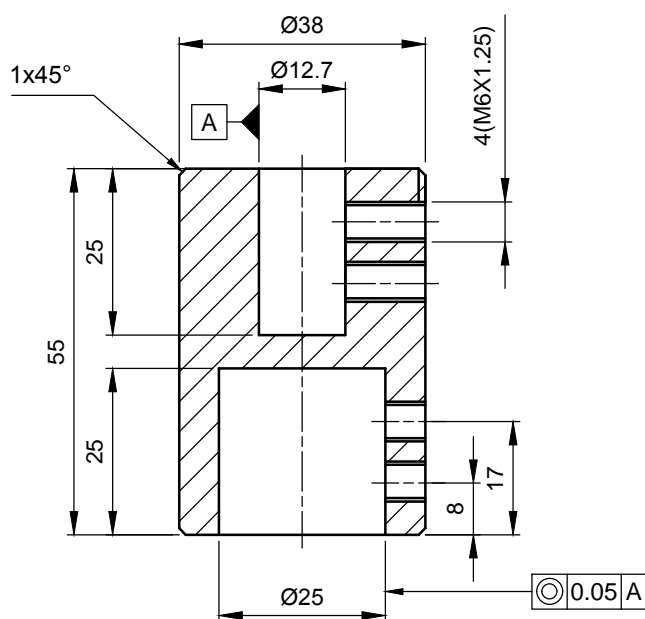
Corte ABCDEF



Ø12g6	
+0.035	+0.006

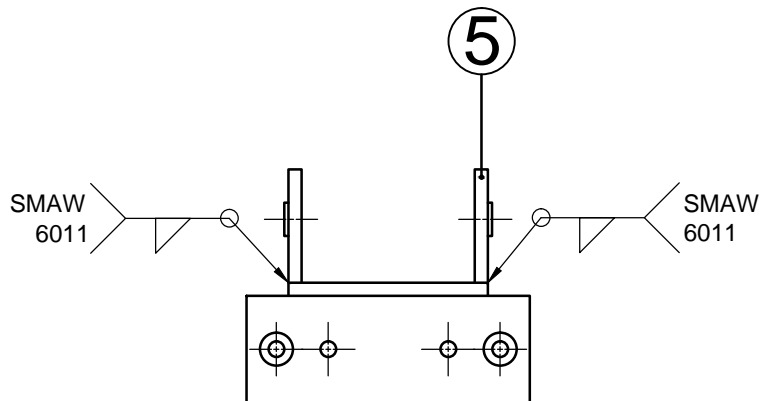
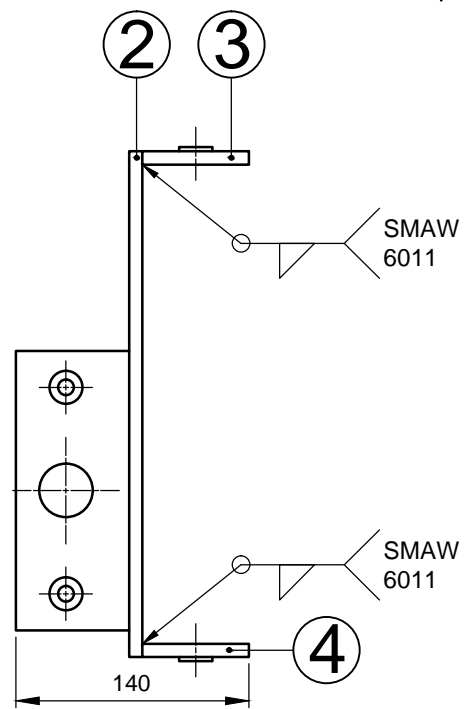
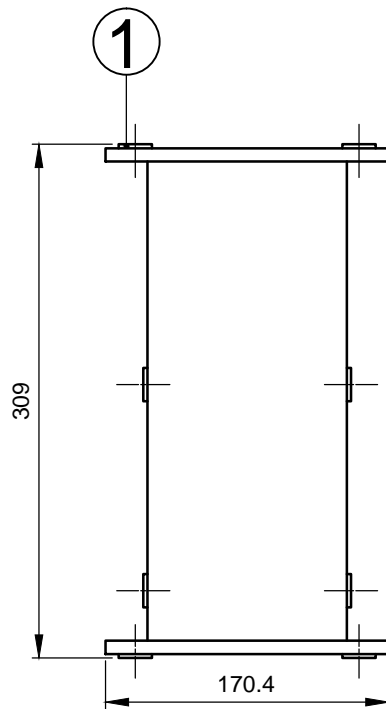
Tratamiento Térmico:	N/A	Material	Dim. Brutas
Recubrimiento:	N/A	AISI A36	410x205x15mm
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi
Tema:	Escala:	Código:	Tol.:
PLACA SOPORTE EJE Y HUSILLO 1	1:2	477.352.01.03.01	+/-0.5

Corte A-A



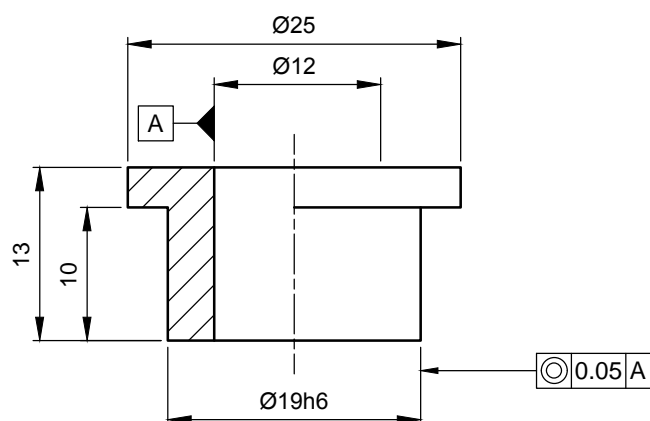
Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	AISI 1018	Dim. brutas:	Ø40x60 mm
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20	
ACOPLE 2	Escala: 1:1	Código:	477.352.01.03.02	Tol.:	+/- 0.2

N7



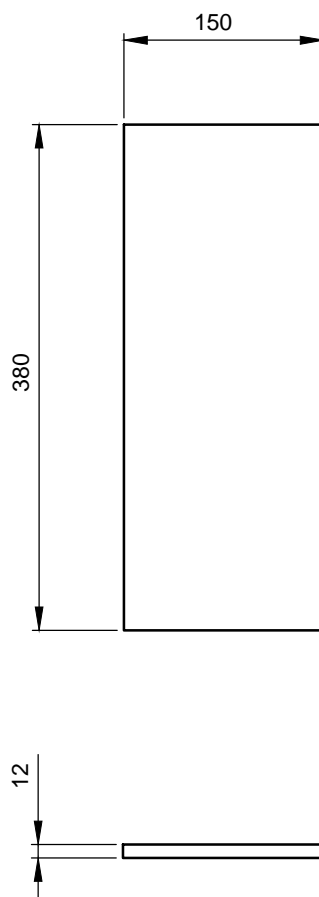
5	Placa 7	2	477.352.01.03.03.05	AISI A-36	215x90X15
4	Placa 6	1	477.352.01.03.03.04	AISI A-36	215x85X10
3	Placa 5	1	477.352.01.03.03.03	AISI A-36	215x85x10
2	Placa 4	1	477.352.01.03.03.02	AISI A-36	385x155x15
1	Bocín 1	8	477.352.01.03.03.01	Bronce	Ø25.4 x15
Nº	Descripción	Cant.	Norma	Material	Dim. Brutas
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20
Tema: BASE 3		Escala: 1:5	Código: 477.352.01.03.03		Tol.: +/- 0.5

Corte B-B

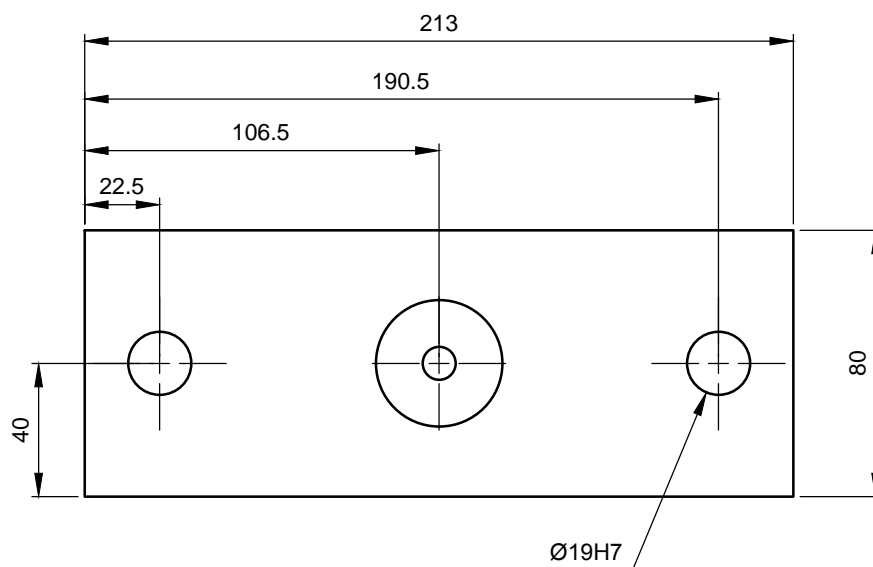


Ø19h6	
+0.034	-0.000

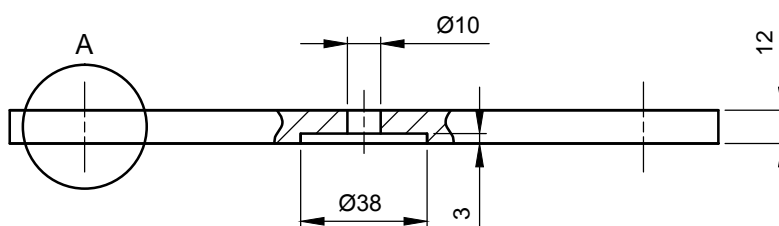
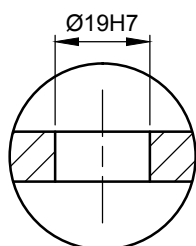
Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	SAE 45	Dim. brutas:	Ø25.4x15 mm
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20	
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20	
Tema:	BOCÍN 1	Escala:	2:1	Código:	477.352.01.03.03.01
				Tol.:	+/- 0.2



Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	N/A	AISI A-36	385x155x15mm
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi
Tema:	Escala:	Código:	Tol.:
PLACA 4	1:5	477.352.01.03.03.02	+/- 0.5

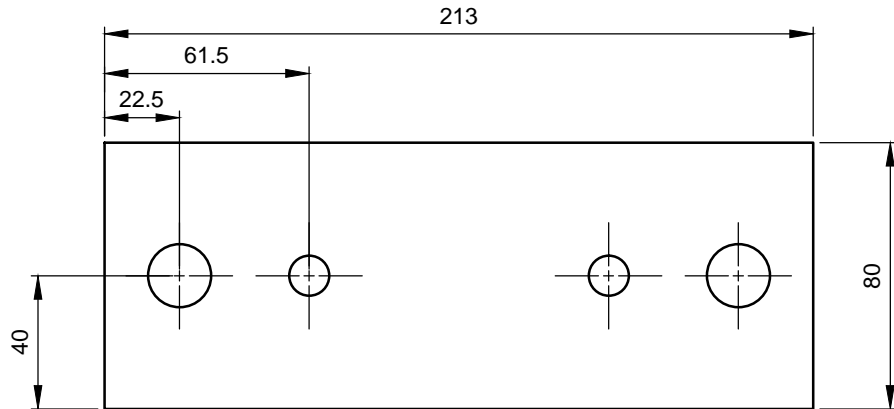


Detalle A
Esc. 1:1

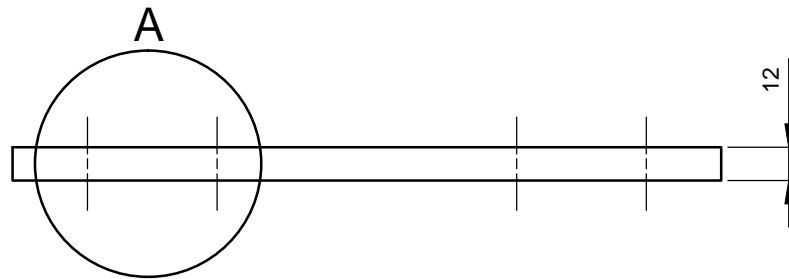
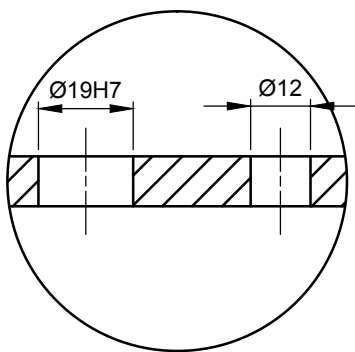


Ø19H7	
+0.034	-0.000

Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	N/A	AISI A-36	215x85x15mm
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi
Tema:	Escala:	Código:	Tol.:
PLACA 5	1:2	477.352.01.03.03.03	+/- 0.5

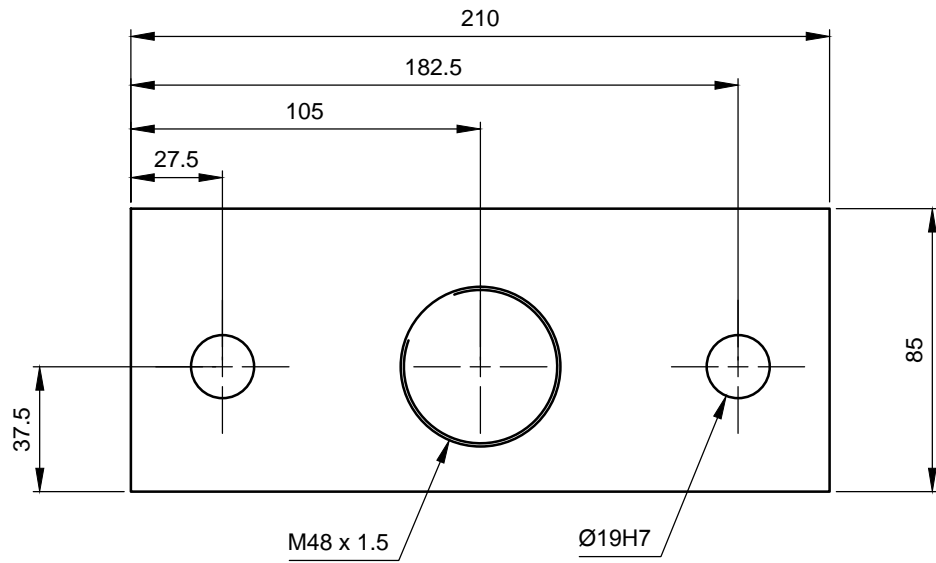


Detalle A
Esc. 1:1

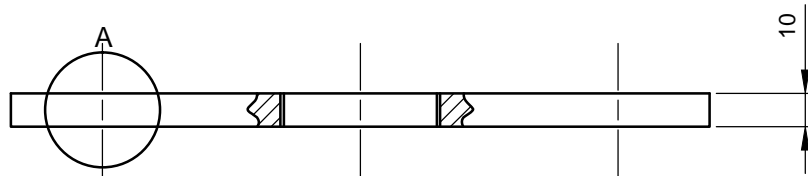
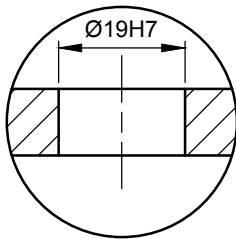


Ø19H7	
+0.034	-0.000

Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	AISI A-36		Dim. brutas:	215x85x15mm	
Recubrimiento:	N/A						
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20		
			Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20		
			Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20		
Tema:		Escala:	Código:			Tol.:	
PLACA 6		1:2	477.352.01.03.03.04			+/-0.2	

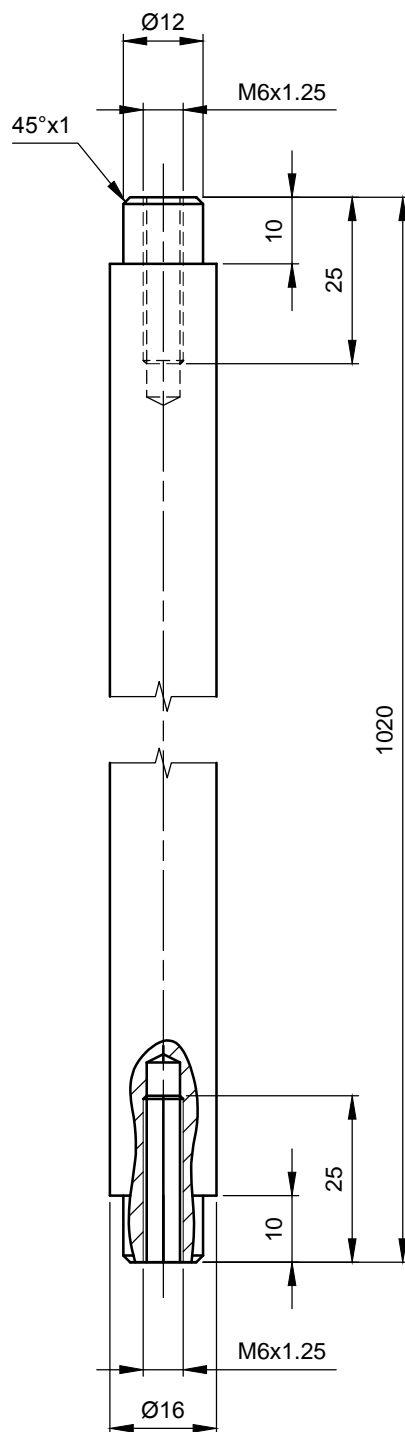


Detalle A
Esc. 1:1

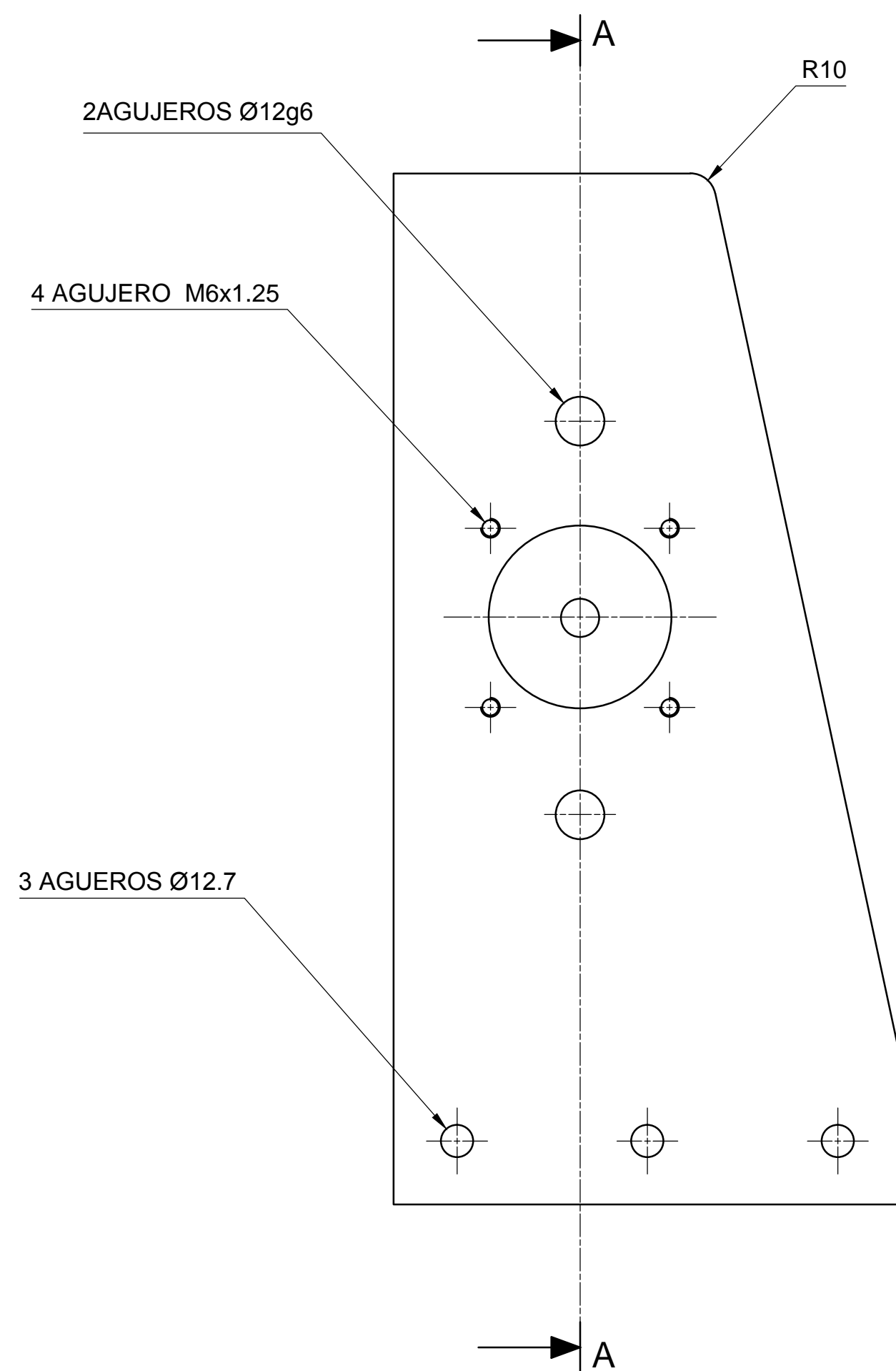


Ø19H7	
+0.034	-0.000

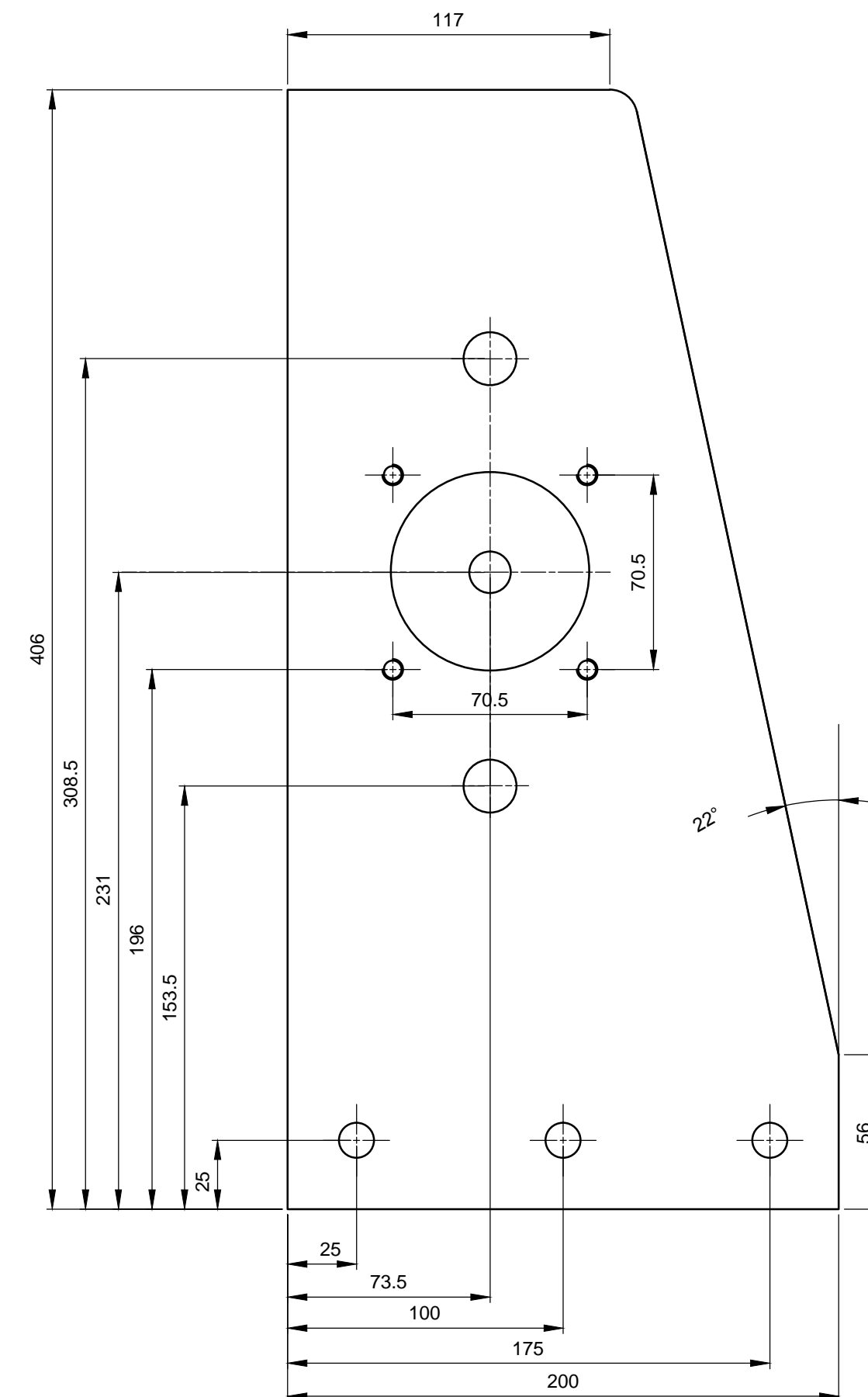
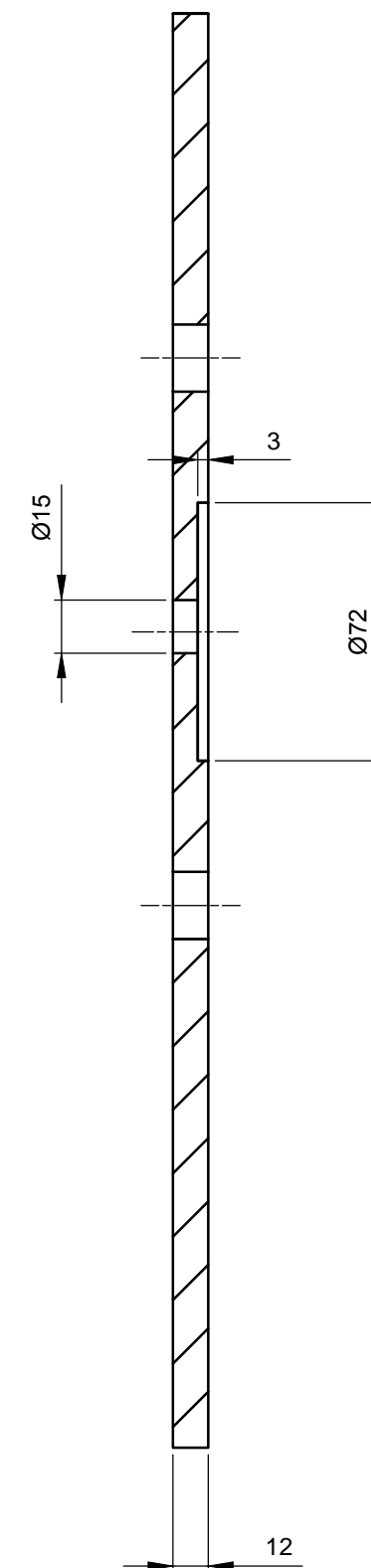
Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas:	
Recubrimiento:	N/A	AISI A-36	215x90x15mm	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20
Tema:	Escala:	Código:	Tol.:	
PLACA 7	1:2	477.352.01.03.03.05	+/-0.2	



Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas:	
Recubrimiento:	N/A	ACERO AISI 1018	D18x1030mm	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20
Tema:	Escala:	Código:	Tol.:	
EJE 2	1:1	477.352.01.03.04	+/- 0.2	

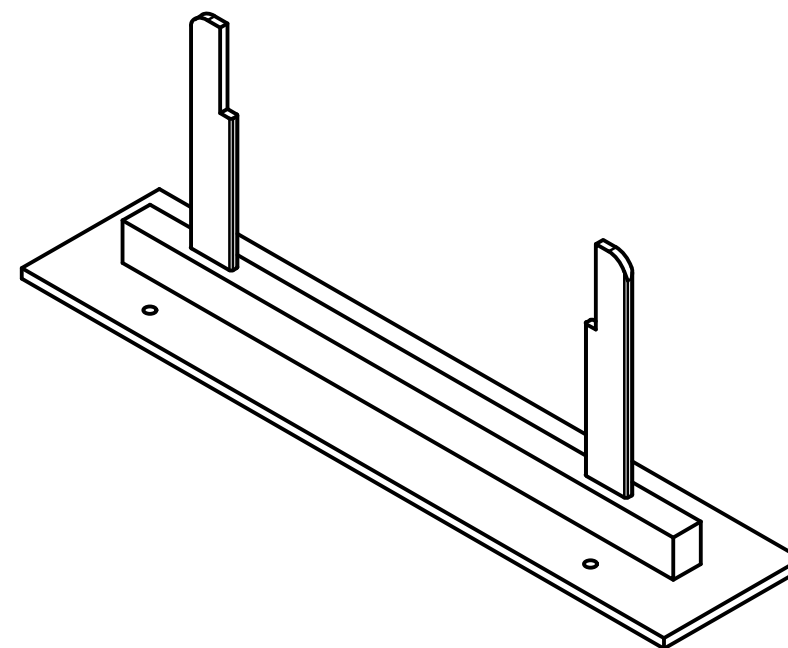
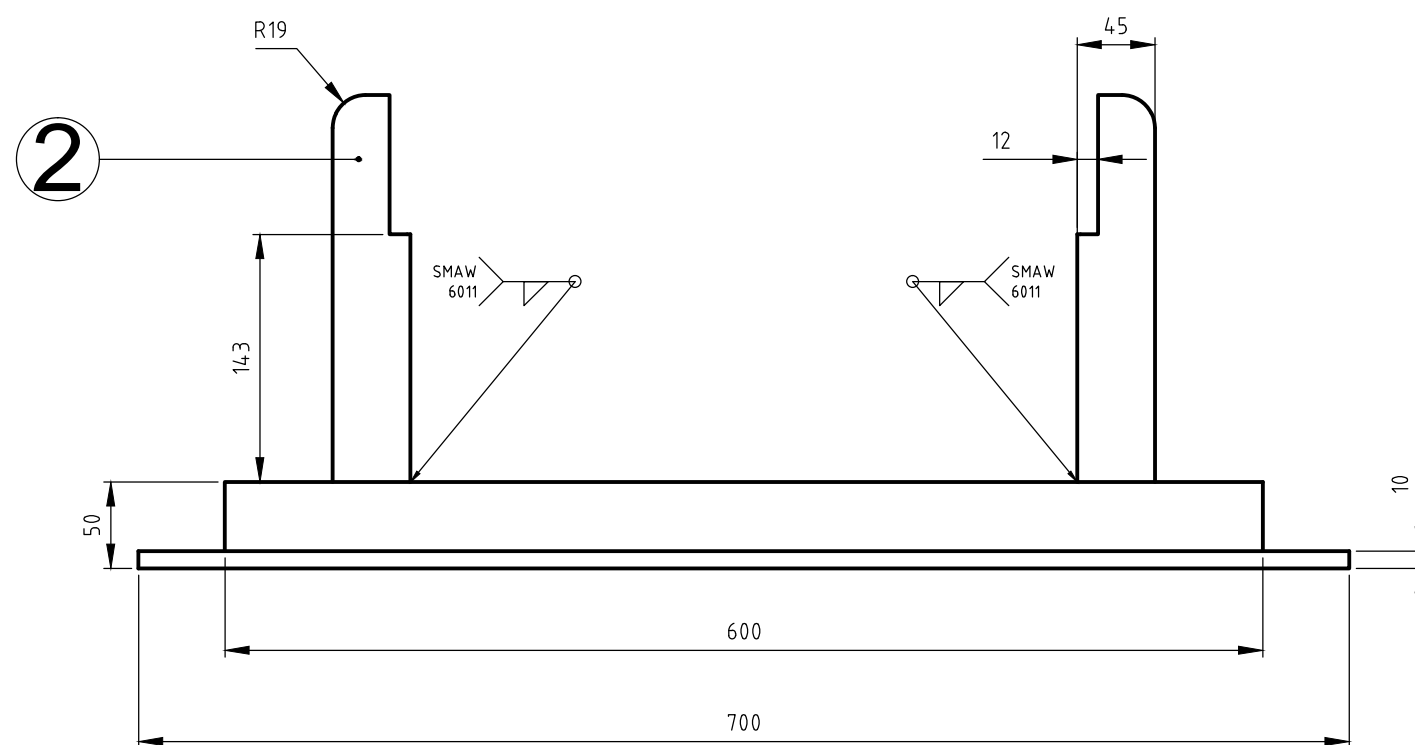
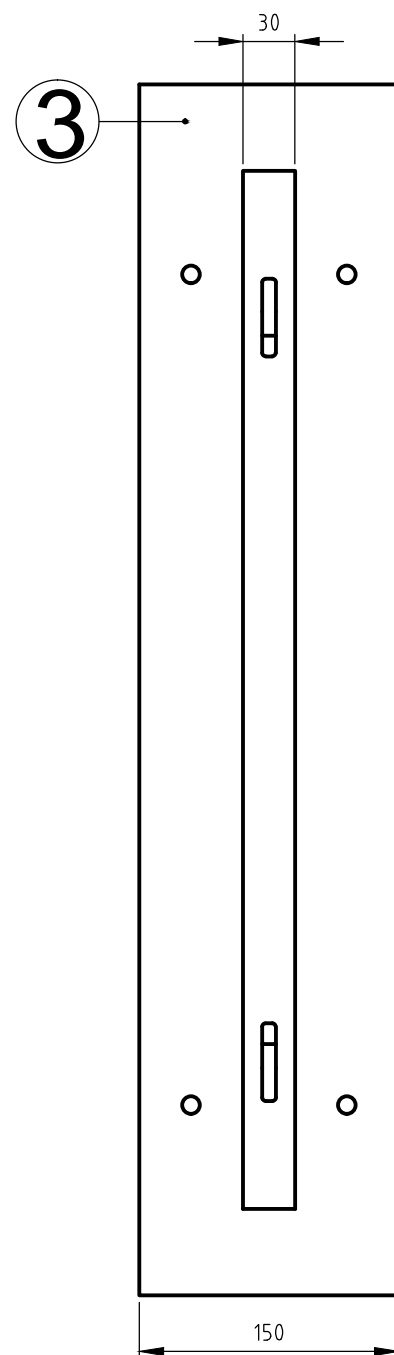
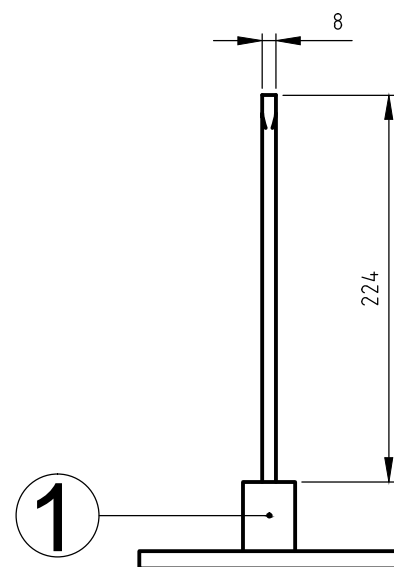


Corte A-A

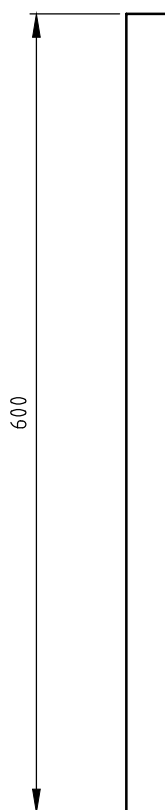
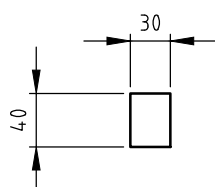


Ø12g6	
+0.035	+0.006

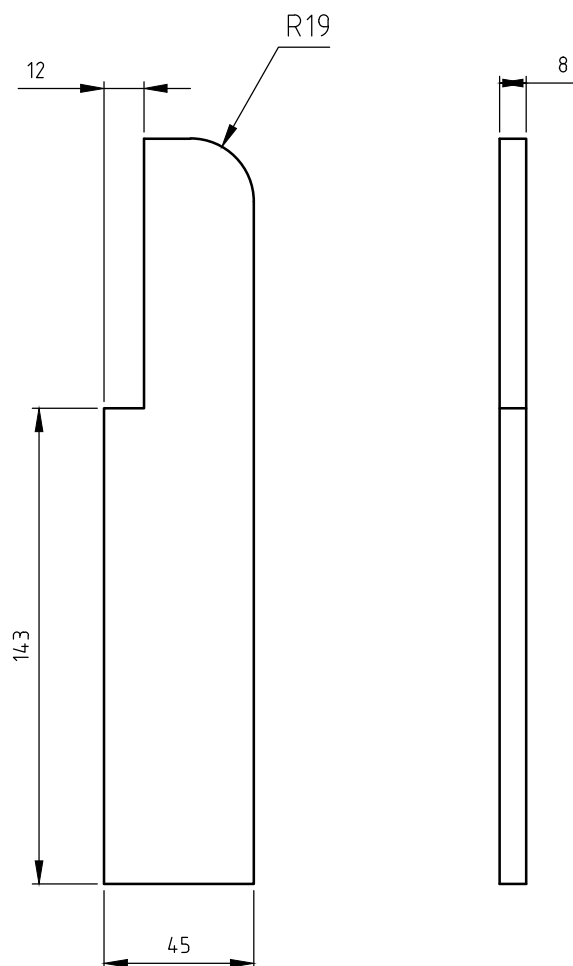
Tratamiento Térmico:	N/A	Material	Dim. Brutas
Recubrimiento:	N/A	AISI A36	410x205x15mm
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi
Tema:	Escala:	Código:	Tol.:
PLACA SOPORTE EJE Y HUSILLO 2	1:2	477.352.01.03.05	+/-0.5



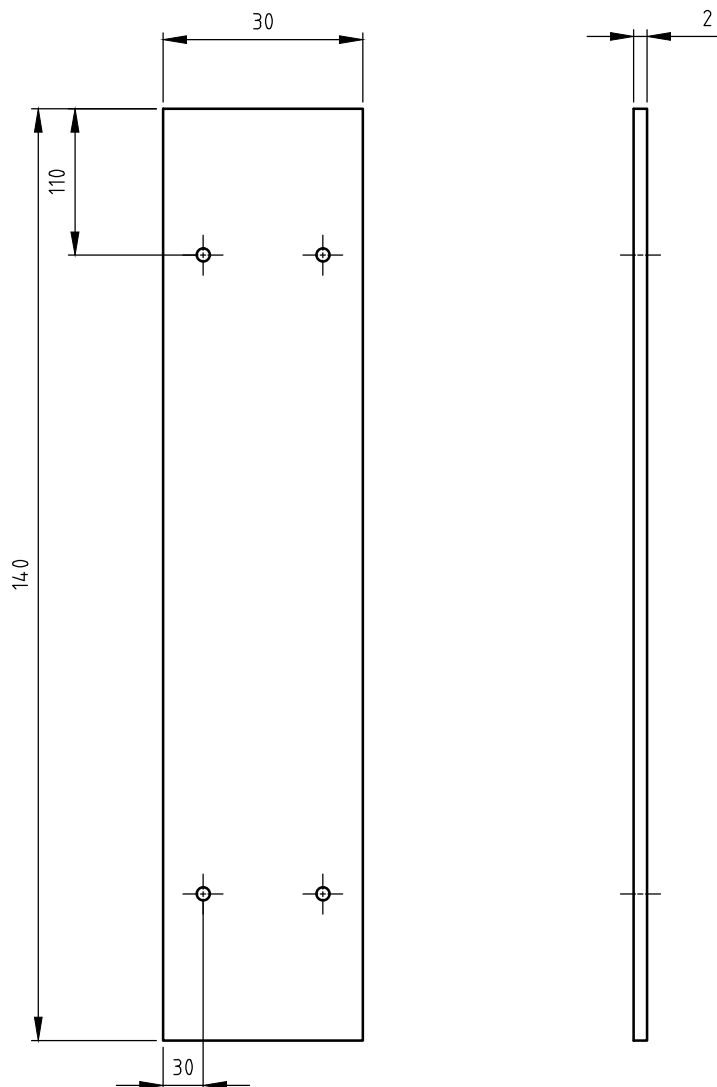
3	Base de anclaje	1	477.352.01.05.03	ACERO AISI A-36	705x155x12
2	Guías de charola	2	477.352.01.05.02	ACERO AISI A-36	230x50x12
1	Base guías de charola	1	477.352.01.05.01	ACERO AISI A-36	605x45x35
Nº	Descripción	Cant.	Norma	Material	Dim. Brutas
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20
Tema: SIST. SUJECCIÓN DE CHAROLA		Escala: 1:4	Código:	477.352.01.05	Tol.: +/- 0.5



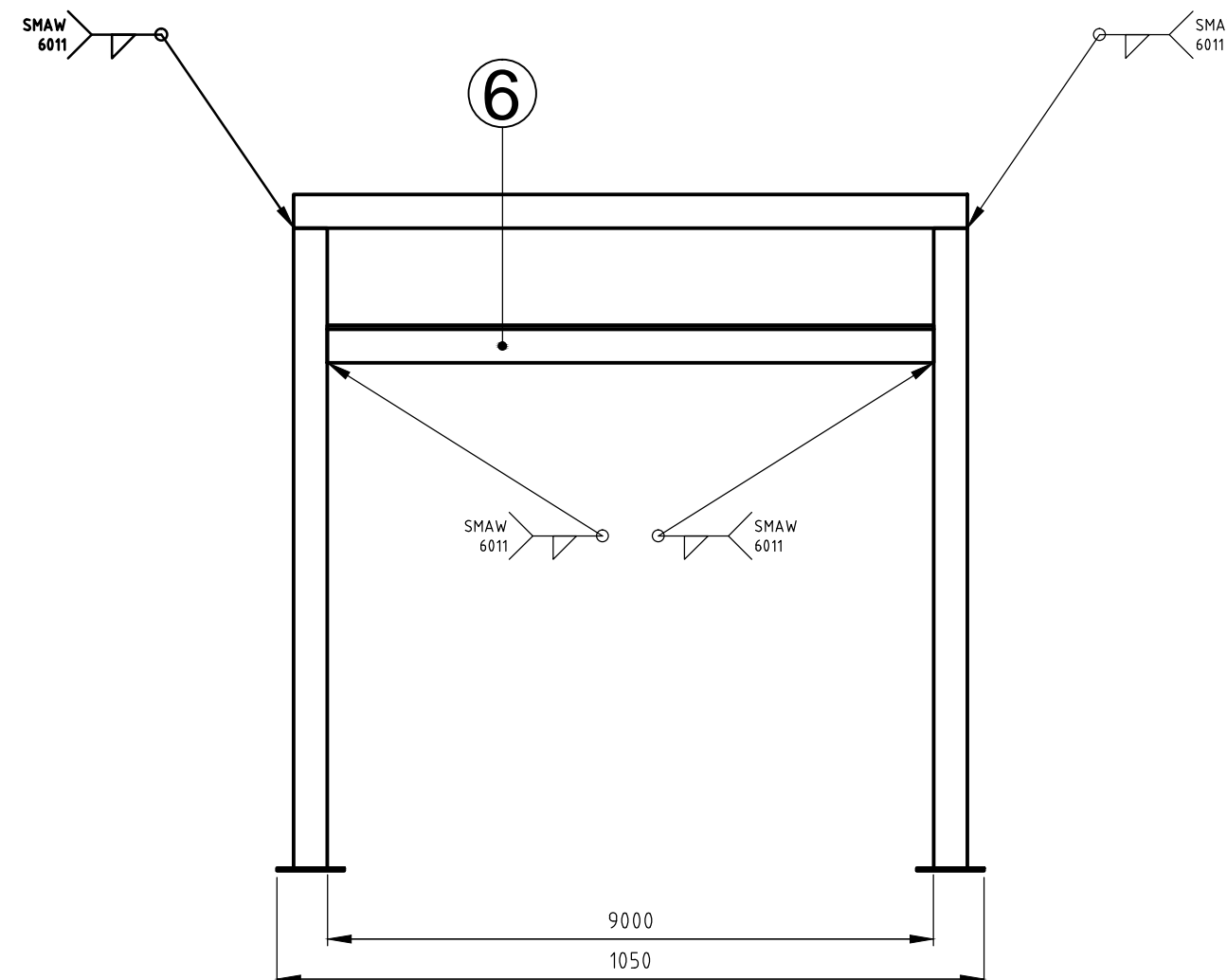
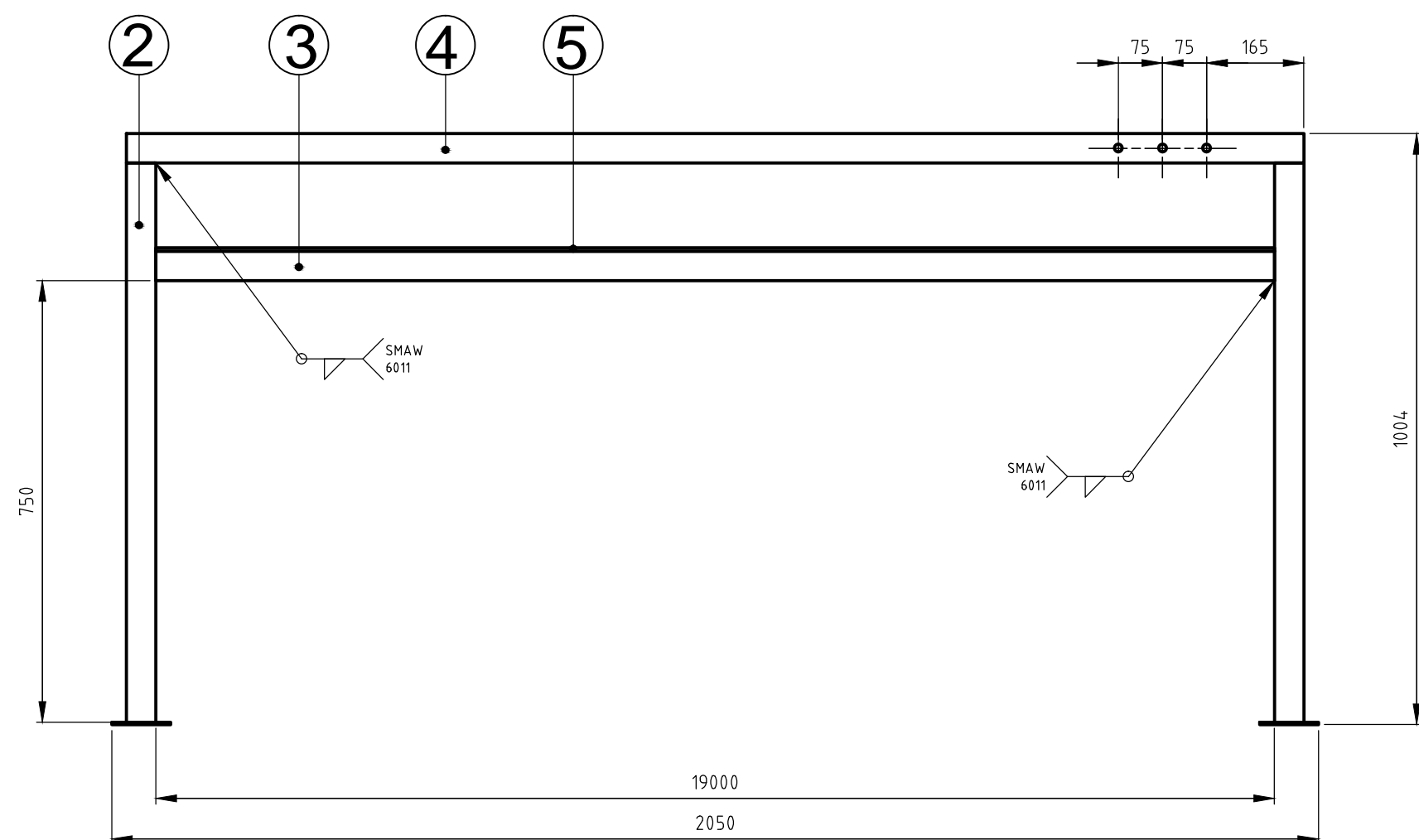
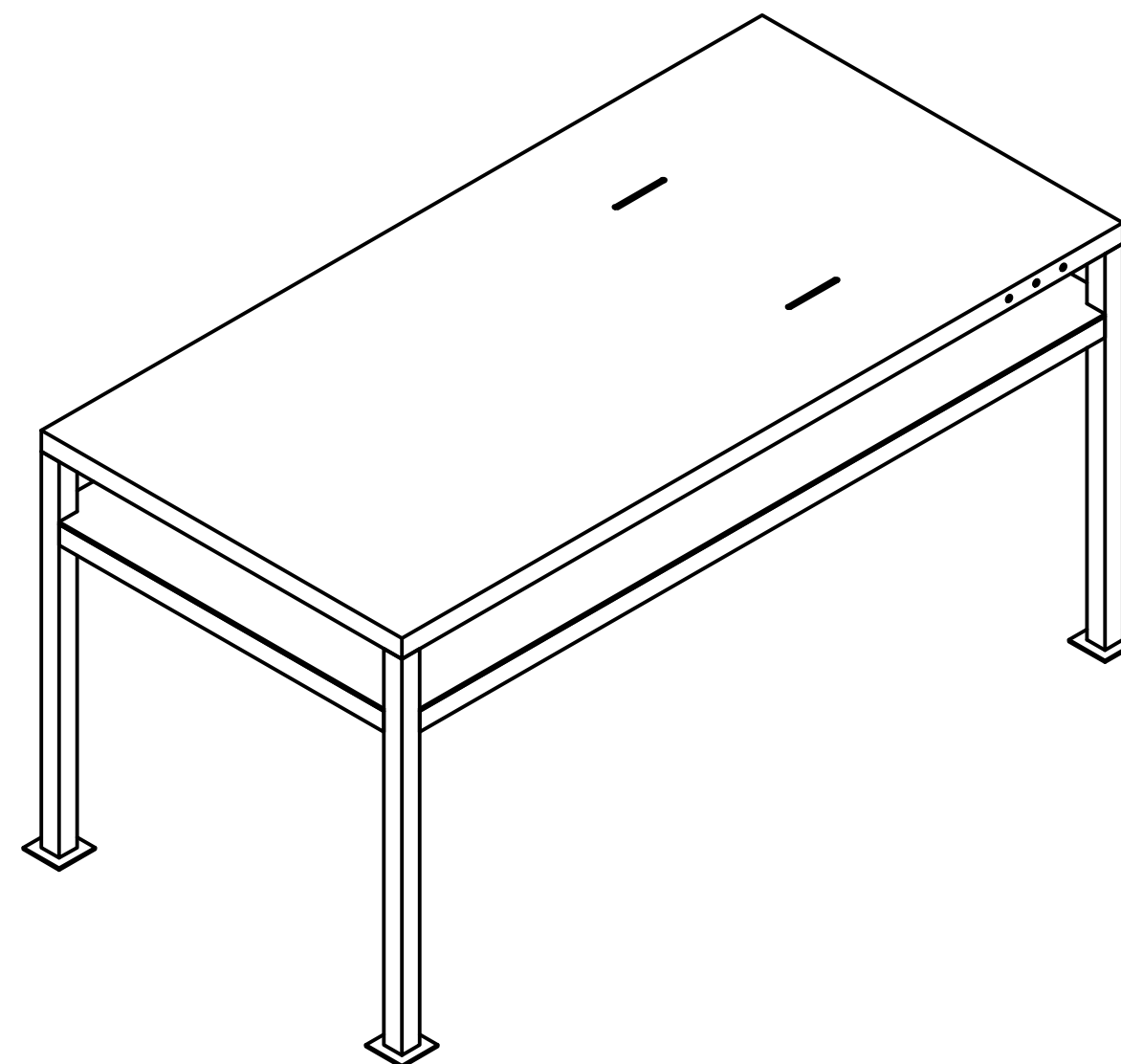
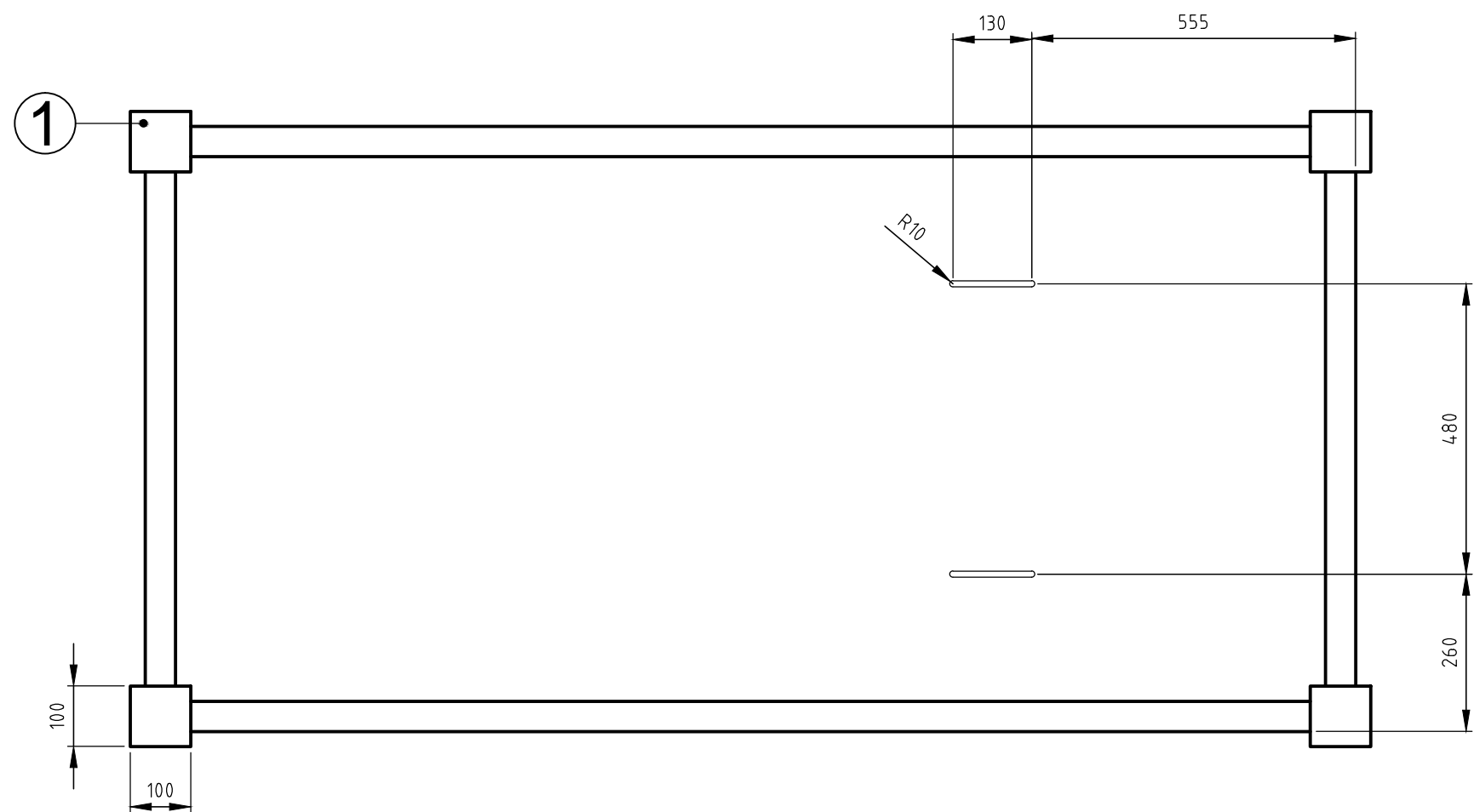
Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	N/A	ACERO AISI 1018	605x45x35
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi
Tema: BASE DE GUIAS DE CHAROLA	Escala: 1:5	Código: 477.352.01.05.01	Tol.: +/- 0.5



Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	N/A	ACERO AISI 1018	230x50x12
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi
Tema: GUIA DE CHAROLA	Escala: 1:2	Código: 477.352.01.05.02	Tol.: +/- 0.5



Tratamiento Térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	N/A	ACERO AISI 1018	705x155x12
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.
		Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi
Tema: BASE DE ANCLAJE	Escala: 1:5	Código: 477.352.01.05.03	Tol.: +/- 0.5



6	Travesaño front y post.	2	N/A	AISI A-36	900x50x50
5	Placa inferior	1	N/A	AISI A-36	1900x900x6
4	Bandeja	1	N/A	AISI A-36	2200x1200x6
3	Travesaño Lateral	2	N/A	AISI A-36	1900x50x50
2	Parante	4	N/A	AISI A-36	950x50x50
1	Placa base	4	N/A	AISI A-36	100x100x4
Nº	Descripción	Cant.	Norma	Material	Dim. Brutas
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		U.P.S	Dis.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Dib.:	Alomoto K.; Carrera R.	14-11-20
			Rev.:	Ing. Homero Yanchapaxi	14-11-20
MESA		Escala: 1:10	Código: 477.352.01.04		Tol.: +/- 0.5